

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

КАФЕДРА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА КІБЕРФІЗИЧНИХ
СИСТЕМ

Кваліфікаційна робота

другий магістерський

(рівень вищої освіти)

на тему: «Дослідження можливості модернізації котлоагрегату з метою
переведення на альтернативне паливо»

Виконав: студент __ П __ курсу,
групи 8.1442
спеціальності теплоенергетика
освітньої програми теплоенергетика
Тимошук Ярослав Ігорович
(ім'я та прізвище)

Керівник доц. каф., к.т.н. Карпенко Г.В.
(вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент Таратута В.О.
(вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя

2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра Електричної інженерії та кіберфізичних систем

Рівень вищої освіти другий магістерський

Спеціальність 144 Теплоенергетика

Освітня програма Теплоенергетика

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри 

« » 2023 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Тимощуку Ярославу Ігоровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) «Дослідження можливості модернізації котлоагрегату з метою переведення на альтернативне паливо»

керівник роботи Карпенко Ганна Володимирівна, канд. техн. наук.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від «01» травня 2023 року № 639-с

1 Строк подання студентом роботи 14 грудня 2023 року.

2 Вихідні дані до роботи: Розрахувати теплові втрати для нагрівання під загартування стрижнів з молібденової сталі діаметром 80 мм завдовжки 350 мм.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1. Огляд стану питання і постановка завдань дослідження, 1.1 Загальні положення щодо реконструкції систем теплопостачання, 1.2 Огляд проблем реконструкції систем теплопостачання, 1.3 Існуючі способи реконструкції систем теплопостачання з метою підвищення їхньої енергетичної ефективності. 2. Технологічний процес переведення котельної на альтернативне та екологічно чисто паливо, 2.1 Основне обладнання котельні, 2.2 Визначення теплових навантажень на опалення, вентиляцію,

гаряче водопостачання.3. Економічної доцільності впровадження
 Розрахунок витрат на паливе, 3.2 Розрахунок витрат на електроенергію
 Розрахунок витрат на викиди, Розрахунок витрат на запобігання екологіч
 збиткам. Висновки.
 5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язк
 креслень): Титульний аркуш, мета та завдання роботи, класифіка
 термічних печей, залежність теплопровідності вуглецевих мате
 хаотичного складу, футерування печі загартовування, експеримент
 результати досліджень.
 6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Карпенко Г.В., доц. каф. ЕІКФС	<i>Карпенко</i>	<i>Карпенко</i>
Розділ 2	Карпенко Г.В., доц. каф. ЕІКФС	<i>Карпенко</i>	<i>Карпенко</i>
Розділ 3	Карпенко Г.В., доц. каф. ЕІКФС	<i>Карпенко</i>	<i>Карпенко</i>
Розділ 4	Карпенко Г.В., доц. каф. ЕІКФС	<i>Карпенко</i>	<i>Карпенко</i>

7 Дата видачі завдання 10.09.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Срочок виконання етапів роботи
1	Огляд стану питання і постановка завдань дослідження	30.09.2023
2	Технологічний процес переведення котельні на альтернативне та екологічно чисте паливо	07.10.2023
3	Модернізація котельного агрегату при переведенні на альтернативне та екологічно чисте паливо	21.11.2023
4	Розрахунок економічної доцільності впровадження	30.11.2023

Студент *Тимошук* Я.І. Тимошук
 (підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту) *Карпенко* Г.В. Карпенко
 (підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено
 Нормоконтролер *Артемчук* В.В. Артемчук
 (підпис) (ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Тимошук Я.І. «Дослідження можливості модернізації котлоагрегату з метою переведення на альтернативне паливо».

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 144 «Теплоенергетика». Науковий керівник - канд. техн. наук, доц. Карпенко Г.В. Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні Запорізького національного університету. Кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем, 2023 р.

В роботі проведено огляд проблемам реконструкції систем теплопостачання з метою підвищення їхньої енергетичної ефективності. Виявлено та обґрунтовано актуальність переведення котельні на альтернативне та екологічно чисте паливо, для чого виконано оцінку основного та допоміжного обладнання котельні, а також екологічного благополуччя території, прилеглої до котельні. Розроблено технологічний процес переведення котельні на пелетне паливо, виявлено та обґрунтовано необхідність модернізації обладнання для його використання. Проведено енергетичне і економічне обґрунтування передбачуваної заміни.

Ключові слова: РЕКОНСТРУКЦІЯ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ, ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ, АЛЬТЕРНАТИВНЕ ПАЛИВО, КОТЕЛ, МОДЕРНІЗАЦІЯ КОТЛА, ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТА ЕНЕРГІЯ.

Список публікацій магістранта:

1. Тимошук Ярослав магістрант 1 курсу ІННІ ім. Ю.М. Потебні ЗНУ, наук. кер.: канд. техн. наук, доц. Карпенко Г.В. Стан та розвиток газотурбінобудування в Україні. Збірник наукових праць студентів, аспірантів, докторантів і молодих вчених «Молода наука-2023»: у 5 т. / Запорізький національний університет. Запоріжжя : ЗНУ, 2023. Т.5. С. 343.

ABSTRACT

Tymoshchuk Ya. I. "Investigation of the possibility of modernization of the boiler unit with the aim of switching to alternative fuel".

Qualifying thesis for obtaining a master's degree in specialty 144 "Heat power engineering". Research supervisor - candidate. technical of Science, Assoc. Karpenko G.V. Engineering Educational and Scientific Institute named after Yu.M. Potebni Zaporizhzhia National University. Department of electrical engineering and of cyber-physical systems, 2023.

The paper reviews the problems of reconstruction of heat supply systems with the aim of increasing their energy efficiency. The relevance of switching the boiler room to alternative and environmentally friendly fuel was identified and substantiated, for which an assessment of the main and auxiliary equipment of the boiler room, as well as the ecological well-being of the area adjacent to the boiler room, was performed. The technological process of transferring the boiler room to pellet fuel, the need to modernize the equipment for its use was identified and substantiated. The energy and economic substantiation of the proposed replacement was carried out.

Keywords: RECONSTRUCTION OF HEAT SUPPLY SYSTEMS, ENERGY EFFICIENCY, ALTERNATIVE FUEL, BOILER, BOILER MODERNIZATION, ENVIRONMENTALLY CLEAN ENERGY.

List of publications of the master's student:

1. Tymoshchuk Yaroslav, master's student of the 1st year of INNI named after Yu.M. Potebni ZNU, science. manager: candidate technical of Science, Assoc. Karpenko G.V. State and development of gas turbine construction in Ukraine. Collection of scientific works of students, postgraduates, doctoral students and young

scientists "Young science-2023": in 5 volumes / Zaporizhzhia National University.
Zaporizhzhia: ZNU, 2023. T.5. P. 343.

ЗМІСТ

ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД СТАНУ ПИТАННЯ І ПОСТАНОВКА ЗАВДАНЬ ДОСЛІДЖЕННЯ	12
1.1 Загальні положення щодо реконструкції систем теплопостачання	12
1.2 Огляд проблем реконструкції систем теплопостачання	13
1.3 Існуючі способи реконструкції систем теплопостачання з метою підвищення їхньої енергетичної ефективності	17
1.4 Загальні дані про заходи щодо обстеження технічного стану котельні	25
1.5 Оцінка екологічного неблагополуччя території, що прилягає до котельні	26
Висновки до розділу 1	29
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ПЕРЕВЕДЕННЯ КОТЕЛЬНОЇ НА АЛЬТЕРНАТИВНЕ ТА ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТО ПАЛИВО	31
2.1 Вихідні дані для визначення теплового навантаження будинків	37
2.2 Основне обладнання котельні	42
2.3 Водогрійні котли	42
2.4 Парові котли	44
2.5 Технологічний процес виробництва пари в котельні	45
2.6 Визначення теплових навантажень на опалення, вентиляцію, гаряче водопостачання	47
2.7 Діаграма споживання	51
2.8 Розрахунок витрати пального, обсягу теоретичної кількості повітря та продуктів згоряння при спалюванні кам'яного вугілля	54
2.9 Розрахунок витрати пального, обсяг теоретичної кількості повітря та продуктів згоряння при спалюванні пелет	57

Висновки до розділу 2	60
РОЗДІЛ 3. Модернізація котельного агрегату при перекведенні на альтернативне та екологічно чисто паливо	61
3.1 Різновиди пелетних котлів	61
3.2 Переведення парового котла ДКВР-6,5/13 на пелети	62
3.2.1 Пальники пелетні	62
3.2.2 Пристрій похилих колосникових ґрат	63
3.2.3 Влаштування передтопочної камери	65
3.3 Пелетні котли	66
Висновки до розділу 3	67
РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ДОЦІЛЬНОСТІ ВРОВАДЖЕННЯ	68
4.1 Розрахунок витрат на пальне	68
4.2 Розрахунок витрат на електроенергію	72
4.3 Розрахунок витрат на викиди	72
4.4 Розрахунок витрат на запобігання екологічним збиткам	74
Висновки до розділу 4	76
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	77
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	78

ВСТУП

Актуальність роботи. В даний час у зв'язку з новими технічними можливостями реконструкції систем теплопостачання, впровадження різних способів їх регулювання, використання біопалива дозволяє домогтися істотного енергозберігаючого ефекту, підвищити якість теплопостачання. Аналіз стану вітчизняних теплофікаційних систем та недоліків існуючих технологій теплопостачання, формулювання принципів, на яких має ґрунтуватися їх розвиток, є актуальним в даний час.

Розвиток сучасної теплоенергетики та забезпечення енергетичної безпеки країни неможливе без розробки та впровадження нових енергетично ефективних технологій. Робота вітчизняних теплофікаційних систем пов'язана з низкою проблем, зумовлених ослабленням державного впливу на енергетику, підвищенням вартості паливно-енергетичних ресурсів, зношеністю теплових мереж та обладнання, відсутністю інвестицій на технічне переозброєння та невідповідністю традиційно застосовуваних технологій теплопостачання сучасним науково-технічним та економічним вимогам. Невирішеність цих технічних та економічних проблем негативно позначається на якості та енергетичній ефективності теплопостачання.

В даний час у зв'язку з новими технічними можливостями реконструкції систем теплопостачання, впровадження різних способів їх регулювання, використання біопалива дозволяє домогтися істотного енергозберігаючого ефекту, підвищити якість теплопостачання. Аналіз стану вітчизняних теплофікаційних систем та недоліків існуючих технологій теплопостачання, формулювання принципів, на яких має ґрунтуватися їх розвиток, є актуальним в даний час.

Метою роботи є формулювання основних проблем реконструкції систем теплопостачання, розробка технологічного процесу переведення котельні на

альтернативне паливо, виконання енергетичного та економічного обґрунтування передбачуваної заміни.

Для досягнення зазначеної мети дослідження в магістерській роботі вирішуються такі завдання:

- проаналізувати існуючі джерела та виявити основні проблеми реконструкції систем тепlopостачання;
- сформулювати основні принципи, на яких ґрунтуватиметься розвиток систем тепlopостачання;
- оцінити потенціал енергозбереження у системах тепlopостачання;
- розглянути способи, що дозволяють досягти суттєвого підвищення енергетичної ефективності систем тепlopостачання;
- виконати оцінку екологічного благополуччя території, що прилягає до котельні;
- розробити технологічний процес переведення котельні на альтернативне паливо;
- виявити існуючі способи модернізації обладнання котельні для використання альтернативного палива;
- провести енергетичне та економічне обґрунтування передбачуваної заміни.

Об'єкт дослідження. Існуючі способи реконструкції систем тепlopостачання дозволяють досягти істотного підвищення енергетичної ефективності даних систем.

Предмет дослідження. Переведення котельні на альтернативне паливо з метою підвищення енергетичної ефективності, зменшення економічних та екологічних втрат.

Методи дослідження. При вирішенні поставлених завдань використовувалися такі методи: теоретичного аналізу джерел, порівняльного аналізу, обробки даних, вивчення та узагальнення.

Наукова новизна отриманих результатів. Розглянуто існуючі способи реконструкції систем теплопостачання, розроблено технологічний процес переведення котельні на альтернативне та екологічно чисте паливо з метою підвищення енергетичної ефективності, виконано енергетичне та економічне обґрунтування передбачуваної заміни.

Практична цінність роботи. Даний технологічний процес може використовуватися при реконструкції котелень по всій країні у зв'язку з тим, що виробництво біопалива та перехід котелень на пелетне паливо є актуальним нині.

Апробація роботи. Результати роботи представлені на XVI Університетська науково-практична конференція студентів, аспірантів, докторантів і молодих вчених «Молода наука-2023».

Структура та обсяг кваліфікаційної випускної роботи. Магістерська робота включає вступ, чотири розділи, загальні висновки та перелік джерел посилання з 30 позицій. Загальний обсяг складає 81 сторінку, у тому числі 7 рисунків та 17 таблиць.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД СТАНУ ПИТАННЯ І ПОСТАНОВКА ЗАВДАНЬ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Загальні положення щодо реконструкції систем теплопостачання

Системою теплопостачання називається сукупність технічних пристроїв, агрегатів та підсистем, що забезпечують приготування теплоносія, його транспортування, розподіл відповідно до попиту на теплоту за окремими споживачами [1].

Залежно від потужності систем та числа споживачів, які отримують від них цю теплову енергію, системи теплопостачання поділяються на централізовані і децентралізовані. Теплова енергія транспортується у вигляді гарячої води або пари від джерела теплоти (ТЕЦ або великої котельні) до споживачів спеціальними трубопроводами - тепловими мережами. У малих населених пунктах застосовуються переважно дві системи теплопостачання: місцеві та централізовані. Місцеві системи - у яких усі три основних елементи перебувають у одному приміщенні чи суміжних. Централізовані системи, як правило, не характерні для забудови не вище трьох поверхів. Централізовані системи характерні тим, що тепловий генератор віддалений від опалювальних будівель або споживачів гарячого водопостачання до спеціальної будівлі. Таким джерелом тепла може бути котельня для групи будівель, селищна котельня або ТЕЦ [2].

Реконструкція систем теплопостачання має на меті підвищення ефективності використання палива, сприяє збільшенню теплової потужності та покращення надійності систем теплопостачання, зниження витрати на водопідготовку та на закупівлю електроенергії [3].

Аналіз реконструкції систем теплопостачання показує, що реконструкція котелень підвищує якість теплопостачання споживачів та значно скорочує викид шкідливих речовин в атмосферу [4].

Реконструкція котельні – це комплекс заходів, спрямований на модернізацію устаткування. Реконструкція котельні включає роботи:

- переведення котлів на спалювання інших (альтернативних) видів палива (наприклад, з твердого палива – на газ та рідке) низькосортне вугілля, рослинні відходи);
- розробка та виготовлення систем та способів модернізації для котлів та котельно-допоміжного обладнання;
- переведення котлів з парового режиму у водогрійний;
- інші модернізації казанів.

1.2 Огляд проблем реконструкції систем теплопостачання

З метою виявлення потенціалу енергозбереження галузі теплопостачання та позначення заходів, що сприяють підвищенню її ефективності, необхідно проаналізувати ситуацію в секторі централізованого теплопостачання та визначити основні проблеми.

На виробництво теплової енергії систем теплопостачання в Україні витрачається близько 155 млн. т. у. т., це складає 25% всього споживання первинної енергії в державі. Первинна енергія - це форма енергії в природі, яка не була піддана процесу штучного перетворення. Тепло виробляється на 250 діючих ТЕЦ і близько 100 тисяч котельних одиниць, а також на 7 млн. індивідуальних теплових установок [5].

Ринок теплової енергії - один із найбільших ринків. Проте на федеральному рівні немає структур управління, жодної політики розвитку систем теплопостачання.

На розвиток систем теплопостачання значно впливають різні реформи електроенергетики та місцевого самоврядування. Однак у концепції реформи електроенергетики не виражена позиція щодо розвитку ТЕЦ. У концепції реформи комунального господарства практично не відображено параметрів надійності, ефективності, якості та доступності систем теплопостачання. Поява приватних операторів ускладнилася необхідністю визначення як вихідного, і цільового стану об'єктів теплопостачання [23].

На сьогодні ТЕЦ втратили свій колишній статус над ринком тепла, на відміну світових тенденцій. Спад промислового виробництва та недосконала тарифна політика, не дає переваг вироблення тепла на ТЕЦ перед котельнями, але стимулює встановлення приладів обліку та реалізацію заходів щодо економії та заміщення теплової енергії. Приблизно такий сегмент ринку втратили великі котельні. Практично у всіх локальних системах теплопостачання відзначається значний надлишок наявних потужностей, визначений з урахуванням нормативних вимог щодо їх резервування. В таблиці 1.1 представлені основні системні проблеми теплопостачання.

Таблиця 1.1 - Основні системні проблеми функціонування теплопостачання

№, п/п	Теплопостачання	Джерела тепла	Теплові мережі
1	Відсутність необхідних даних щодо фактичного стану систем теплопостачання	Високі питомі витрати палива на виробництво теплової енергії	Занижений рівень втрат у теплових мережах, що включається до тарифів на тепло, що применшує

			економічну ефективність витрат на реконструкцію теплових мереж
2	Істотний надлишок потужностей джерел теплопостачання та завищені оцінки	Низька насиченість обліку споживання палива та відпустки	Високий рівень фактичних втрат у теплових мережах
3	Надлишкова централізація багатьох систем теплопостачання	Зношеність обладнання та низький залишковий ресурс	Високий рівень витрат на експлуатацію теплових мереж
4	Відсутність оновлених систем теплопостачання в переважній більшості населених пунктів	Порушення термінів та регламентів проведення робіт з налагодження режимів котлів	Високий ступінь зносу теплових мереж та перевищення у низці населених пунктів критичного рівня частоти відмов
5	Високий рівень втрат у теплових мережах, як за рахунок надмірної централізації, так і за рахунок занепаду теплових мереж та зростання частки мереж, що потребують	Низький рівень автоматизації, відсутність автоматики або застосування непрофільної автоматики	Незадовільне технічний стан теплових мереж, порушення теплової ізоляції та високі втрати теплової енергії

	заміні		
6	Відсутність державної політики підтримки та стимулювання спільного вироблення теплової та електричної енергії	Відсутність або низька якість водопідготовки	Порушення гідравлічних режимів теплових мереж та супутні йому недотопи та перетопи окремих будівель
7	Розрегульованість систем теплопостачання	Недотримання температурного графіка	
8	Нестача кваліфікованих кадрів, особливо на об'єктах теплопостачання невеликих поселень	Висока вартість палива	
9		Нестача персоналу котелень	

Відповідно до проведеного аналізу визначені основні проблеми теплопостачання, джерелах тепла та теплових мережах, що дозволяє виявити потенціал енергозбереження галузі та вжити заходів щодо підвищення енергетичної ефективності.

Для того, щоб більш широко вивчити тему цього дослідження, було проведено аналіз статей та дисертацій, присвячених реконструкції систем теплопостачання з метою підвищення їхньої енергетичної ефективності як вітчизняних, так і зарубіжних джерел.

У публікаціях, присвячених реконструкції систем теплопостачання з метою підвищення їхньої енергетичної ефективності, розроблено нові

методології, способи, заходи, приклади реконструкції систем теплопостачання з усіма необхідними формулами розрахунку, а також представленими висновками та узагальненнями з цього питання. Більшість із вивчених публікацій мають теоретичний характер, що дає основу до вивчення теми. При аналізі публікацій було виявлено проблеми реконструкції систем теплопостачання та виділено способи, що дозволяють суттєво підвищити енергетичну ефективність цієї галузі.

1.3 Існуючі способи реконструкції систем теплопостачання з метою підвищення їхньої енергетичної ефективності

Авторами роботи [6] проведено дослідження щодо підвищення ефективності кожухотрубного теплообмінного апарату за рахунок зміни геометрії теплообмінних поверхонь. Проведено обчислювальний експеримент, основною метою якого є визначення оптимального кроку між ребрами циліндричної форми L при експлуатаційних швидкісних режимах роботи досліджуваного теплообмінного апарату, що визначаються СП 41-101-95 Проектування теплових пунктів. Результати показали, що найбільша частина поверхні теплообміну знаходиться у зоні підвищеної турбулізації при швидкості потоку рідини 1 м/с . У цій статті зроблено акцент на застосування теплообмінних апаратів та підвищення ефективності їх роботи. Проведено розрахунки конструктивних параметрів теплообмінної поверхні, зроблено висновки на основі проведеного експерименту. Але у статті не розглянуто основні способи реконструкції систем теплопостачання, крім автоматизації та диспетчеризації систем, застосування сучасних трубопроводів. Все зводиться до того, що необхідно розглянути більш детально існуючі методи розвитку систем теплопостачання.

В монографії [7] проведено оцінку потенціалу енергозбереження в галузі теплопостачання та визначено способи, що дозволяють досягти суттєвого підвищення енергоефективності систем теплопостачання. Розглядаються основні заходи програм розвитку та модернізації теплових мереж, цільові індикатори підвищення енергоефективності у системах теплопостачання, вимоги щодо підвищення енергоефективності у складі програм комплексного розвитку комунального господарства, основні заходи та механізми реалізації енергозбереження. Оцінивши наведені дані, можна сказати, що найважливішим завданням реконструкції та розвитку систем теплопостачання є тиражування накопиченого досвіду і ширше використання новітніх технологій, дозволяють підвищити надійність та ефективність виробництва теплової енергії на котельнях.

Стаття [8] присвячена проблемам, що перешкоджають масовому переведенню котелень на біопаливо. По-перше, чинне законодавство не тільки не сприяє, а скоріше перешкоджає розвитку цієї сфери. По-друге, є певні адміністративні бар'єри. По-третє, не вирішено проблему економічної оцінки використання біопалива, яка могла б допомогти оцінити реальну вигоду інвестицій. Не розроблено комплексного підходу, який би враховував не лише економічний результат, а й екологічну складову. В четверте, є фінансові проблеми, оскільки початкові витрати на реконструкцію і модернізацію значні. Аналізуючи наведені дані, можна дійти висновку про те, що використання твердих біопалив дозволяє вирішити низку проблем, такі як енергопостачання малих населених пунктів у віддалених районах, куди утруднена доставка вугілля та газу, зниження рівня емісії, зниження парникових газів, утилізація сільськогосподарських та деревних відходів, які стають енергетичною сировиною, але існують проблеми, що перешкоджають переведенню котелень на біопаливо.

У цій статті [9] «Проблеми та перспективи розвитку ринку біопалива в Україні та світі» обґрунтовано перспективні напрямки розвитку біопаливної галузі, досліджено комплекс проблем, що визначають розвиток світового ринку біопалива, обґрунтовано необхідність державної підтримки розвитку біопаливного ринку, виявлено можливість створення конкурентних переваг для біопаливної продукції в Україні та світі, розкрито основні тенденції формування кон'юнктури світового ринку та виявлено перспективи розвитку з урахуванням екологічних, енергетичних та економічних факторів.

Можливість удосконалення системи тепlopостачання м. Харкова [10] шляхом впровадження теплонасосної технології для утилізації низькопотенційного скидного тепла. Проаналізовано проблеми системи тепlopостачання у Російській Федерації. Більшість споживачів мають теплову енергію за рахунок експлуатації централізованої системи тепlopостачання. Такий підхід є багато в чому застарілим і не застосовується до сучасну енергетичну систему. Але підвищити ефективність централізованої системи пропонується за допомогою теплових насосів. Описано приклад проведення оцінки ефективності застосування даного методу, тобто зроблено розрахунки, кінцевим результатом яких стала оцінка ефективності утилізації скидного низькопотенційного тепла в системі тепlopостачання. Першим етапом дослідження стала розробка методики розрахунку, другий етап – застосування отриманої методики за умов м. Челябінська. Результатом дослідження стало чисельне значення ефективності утилізації скидного тепла. Стаття дозволяє вивчити ще одну можливість вдосконалення систем тепlopостачання з метою підвищення її енергоефективності.

У статті [11] розглядаються питання енерго- та ресурсозбереження при використанні відходів виробництва як альтернативне паливо. Об'єктом дослідження став активний мул, який утворюється на станціях біологічного очищення стічних вод і складається на картах мулу, що призводить до

відчуження значної площі землі. За результатами цього дослідження було представлено аналіз паливних гранул, і навіть їх теплота згоряння. На підставі отриманих результатів запропоновано технологічна схема отримання та спалювання паливних гранул на основі надлишкового активного мулу та шламу водопідготовки. Використання паливних гранул дозволяє ефективно утилізувати відходи промислових підприємств та перейти до експлуатації відновлюваних енергоресурсів.

Обмеження шкідливих викидів в атмосферу – стимул для розширення ринку пелет та брикетів в енергетиці Німеччини та інших європейських країн У статті [12] розглядаються перспективи розвитку виробництва пелетів у Німеччині з метою скорочення викидів шкідливих речовин в атмосферу. Вважається, що при спалюванні пелетного палива виділяється стільки ж двоокису вуглецю, скільки раніше було поглинено в процесі фотосинтезу за життя дерева, і тому спалювання деревини вважається нейтральним. Для мінімізації викидів CO необхідно добиватися повного згоряння палива, що конструктори сучасних котельних установок прагнуть забезпечити за рахунок створення нових моделей топок, удосконалення методів контролю горіння та ефективного обслуговування котлів. В Україні також вживаються більше заходів щодо скорочення викидів шкідливих речовин в атмосферу, що безумовно стимулюватиме використання твердого біопалива. Головний стимул для розвитку альтернативних відновлюваних джерел енергії – це щорічне збільшення собівартості генерації теплової енергії, вироблюваної під час використання традиційних видів палива, та значне підвищення тарифів на неї.

Реконструкція існуючих котелень з можливістю їх роботи на твердопаливних пелетах. У статті розглянуто питання енергоекологічної оптимізації спалювання палива, за рахунок чого воно можливе. Розповідається про комплексну програму поводження з деревними відходами та переведення вугільних котелень на використання твердого деревного біопалива. Наведено

порівняльну характеристику різних видів палив. Надано економічну вигоду від впровадження енергетичного обладнання, що працює на паливних пелетах.

Комплексна програма складається із чотирьох взаємозалежних проектів. Перший етап - створення підприємства для переробки деревних відходів (тирса, стружка, тріска, листя, кора, соломи, гречки) в пресовані паливні гранули (пелети). Другий етап створення бригади з перевезення деревних відходів, третій етап - реконструкція та встановлення твердопаливних котлів з автоматизованою подачею палива в котельних об'єктах бюджетної сфери. Четвертий етап – рекультивация земельних угідь з метою створення сировинної бази.

У багатьох випадках, коли котельні були запроектовані повністю на газі або мазуті, з котлами ДКВР та КВ-ГМ, то основною складністю при переведенні таких котлів на дерев'яні відходи є вже існуючі топки камерного спалювання газу та мазуту. Розроблено [13] та впроваджено топковий пристрій до котла ДКВР-10-13 при збереженні без змін компонування обладнання. Аналогічні пристрої можуть бути застосовані і до казанів інших типів. За стіною будівлі перед фронтом котлів виконується виносний топковий пристрій. Топка, де відбувається спалювання пелет, з'єднується з казаном газоходом довжиною 6 м і більше. Відсутність поверхонь нагріву в топці та газоході призводять до гарного допалювання летючого стану палива. При створенні виносних топок зберігається можливість роботи котлів на газі/мазуті. Але за такої реконструкції обов'язково видалення золи з конвективної частини котлів.

В результаті режимно-налагоджувальних випробувань котла з виносною топкою досягнуто надійної роботи котлоагрегату в діапазоні навантажень від 60 до 100% від номінальної. За відсутності втрат тепла від хімічної неповноти згоряння ККД котлоагрегату дорівнює близько 80%.

Таким чином, у цій статті був запропонований спосіб реконструкції вугільних котелень на пелети за допомогою розробки топкового пристрою до парового казану.

Вивчивши публікації та статті щодо способів реконструкції систем теплопостачання з метою підвищення енергетичної ефективності, можна дійти висновку, що на сьогоднішній день політика енергозбереження є пріоритетним напрямком розвитку систем енерго- та теплопостачання. Говорячи про енергозбереження у системах теплопостачання, можна виділити низку заходів щодо збереження та раціонального використання енергетичних ресурсів, а також виділити основні джерела економії до них (таблиця 1.2).

Таблиця 1.2 – Основні заходи з енергозбереження

Найменування заходу	Джерело економії
Диспетчеризація у системах теплопостачання	- економія теплової енергії; - скорочення часу для проведення аварійно-ремонтних робіт; - скорочення експлуатаційних витрат (зменшення експлуатаційного персоналу)
Заміна застарілих електродвигунів на сучасні енергоефективні	- економія електричної енергії; - зниження експлуатаційних витрат; - підвищення якості та надійності електропостачання

Поступова заміна ЦТП на ІТП у блок-модульному виконанні	<ul style="list-style-type: none"> - економія теплової енергії; - покращення якості та надійності тепlopостачання
Використання систем приватного регулювання у приводах електродвигунів на насосних станціях та інших об'єктах змінним навантаженням	<ul style="list-style-type: none"> - економія електричної енергії; - підвищення надійності та збільшення термінів служби обладнання
Налагодження теплових мереж	<ul style="list-style-type: none"> - економія теплової енергії; - покращення якості та надійності тепlopостачання
Обґрунтоване зниження температури теплоносія (зрізання)	<ul style="list-style-type: none"> - економія теплової енергії; - зменшення шкідливих викидів у повітря
Організація своєчасного ремонту комунікацій систем тепlopостачання	<ul style="list-style-type: none"> - зниження втрат теплової енергії та теплоносія; - зниження обсягів підживлювальної води; - підвищення надійності та довговічності теплових мереж
Переклад на незалежні схеми тепlopостачання	<ul style="list-style-type: none"> - економія теплової енергії; - економія витрат за водопідготовку; - підвищення надійності та якості тепlopостачання

Переведення котлів на альтернативні види палива	<ul style="list-style-type: none"> - економія паливних ресурсів; - економія теплової енергії; - зменшення шкідливих викидів у повітря
Переведення відкритих систем теплопостачання на закриті	<ul style="list-style-type: none"> - економія теплової енергії; - економія мережної енергії та витрат на водопідготовку; - підвищення надійності та якості теплопостачання
Застосування азбестоцементних труб	<ul style="list-style-type: none"> - зниження витрат на трубопровідну арматуру; - підвищення надійності та якості теплопостачання
Застосування автоматичних вимикачів у системах чергового освітлення	- Економія електричної енергії
Системи дистанційного контролю стану ППУ трубопроводів	<ul style="list-style-type: none"> - зменшення кількості аварійних ситуацій та часу їх усунення; - підвищення надійності та якості теплопостачання
Своєчасне усунення пошкоджень ізоляції паропроводів за допомогою сучасних технологій та матеріалів	- скорочення втрат теплової енергії

Оцінивши основні енергозберігаючі заходи, а також джерела економії, було прийнято рішення більше докладно розглянути шляхи переведення котлів на альтернативні види палива у зв'язку з тим, що використання твердих біопалив дозволяє вирішити проблему енергопостачання малих населених пунктів.

1.4 Загальні дані про заходи щодо обстеження технічного стану котельні

Як приклад у цій дисертаційній роботі розглянуто котельню яка розташована на о. Хортиця, Наукове містечко, 52, яка була побудована у 1972 році. Котельня забезпечує теплом 24 будинки та один дитячий садочок. Одним із останніх проведених заходів, у рамках виконання інвестиційної програми концерну «Міські теплові мережі», на котельні стало виконання робіт з обстеження технічного стану обладнання та інженерних мереж будівлі у 2019 році. У ході робіт були проведені наступні заходи: технічне діагностування водогрійного котла КВ-ГМ-10, внутрішній газопровід, визначення технічного стану газоходів від котлів КВ-ГМ-10, віброобстеження механізмів, що обертаються (димосос К2ДН-12,5, вентилятор гострого дугтя К4 19Ц 63, вентилятор К5 19ЦС-63, насос ГВС К15 К-100-65 насос мережевий К38 1Д315-50б), визначення технічного стану трубопроводів мережевої та підживлювальної води, теплових мереж, обстеження обладнання пожежного водопроводу та вогнезахисту металоконструкцій автоматики безпеки та системи контролю загазованості. В результаті проведених ремонтних робіт було зроблено висновки, що КУ придатна до експлуатації, незважаючи на фізичний та моральний стан обладнання, яке відпрацювало понад 35 років.

1.5 Оцінка екологічного неблагополуччя території, що прилягає до котельні

На котельні функціонують вугільні твердопаливні котли, на яких як паливо використовується вугілля. Котельня згідно з екологічним паспортом підприємства відноситься до 5-ої категорії небезпеки з розміром санітарно-захисної зони, що дорівнює 50 м. При роботі котелень в атмосферне повітря надходять такі забруднюючі речовини: оксиди вуглецю, азоту, сажа, бенз(а)пірен, діоксиди азоту і сірки [40]. За масою викидів пріоритетною забруднювальною речовиною на території, що прилягає до котельні, є оксид вуглецю, його частка становить 49,3%, на другому місці знаходиться діоксид азоту з процентним вмістом 42,02%, і на третьому місці – оксид азоту (83%). А пріоритетною домішкою за категорією небезпеки речовини з урахуванням її токсичності є діоксид азоту NO_2 (99,37%), на другому місці знаходиться оксид азоту NO (0,49%), і на третьому діоксид сірки SO_2 (0,048%) (таблиця 1.3) [41].

Таблиця 1.3 - Забруднюючі речовини, що викидаються котельнею за масою, категорією та безпекою

Найменування речовини	За масою		За категорією небезпеки	
	т/рік	%	м ³ /с	%
Діоксид азоту (NO_2)	72,05	42,02	$65,82 \cdot 10^4$	99,37
Оксид азоту (NO)	11,71	6,83	$0,32 \cdot 10^4$	0,49
Диоксид сірки (SO_2)	0,96	0,56	$0,03 \cdot 10^4$	0,048

Оксид вуглецю (CO ₂)	84,54	49,30	0,03·10 ⁴	0,038
Інші	2,23	1,30	0,036·10 ⁴	0,055
Разом	171,48	100	66,24 ·10 ⁴	100

Категорія небезпеки підприємства становить $66,24 \cdot 10^4 \text{ м}^3/\text{с}$ (таблиця 1.3), отже, котельня відноситься до 2-ої категорії небезпеки і повинна мати санітарно-захисну зону (СЗЗ) не менше 500 м, що не відповідає даним, представленим в екологічному паспорт підприємства. Вище зазначені забруднюючі речовини потрапляють в атмосферу о. Хортиця, зазнають різних фізичних та хімічних перетворень аж до моменту їх осадження або вимивання опадами (снігом та дощем), тому оцінку екологічного неблагополуччя прилеглої території доцільно провести за якістю атмосферних. Для цього проби на вміст забруднюючих речовин відбиралися в сніговому покриві та дощовій воді згідно пріоритетних напрямків вітру (південно-східний (ПВ) і північно-західний (СЗ) на межі санітарно-захисної зони котельні, що розглядається, і на відстані 100, 200, 300 м від неї.

Так як пріоритетними забруднювальними речовинами, що викидаються котельною в атмосферу о. Хортиця, є оксиди азоту, діоксид сірки, сажа і оксид вуглецю, то з урахуванням їх можливих хімічних перетворень передбачалося утворення кислотоутворювальних іонів і, як наслідок, закислення талої води. В атмосферних опадах було визначено вміст сульфат-, сульфід-, гідросульфід-, карбонат-, гідрокарбонат-, хлорид-іонів, іонів амонію, зважених частинок та рН середовища. Згідно з отриманими значеннями концентрації, пріоритетними забруднювальними домішками в опадах протягом року є гідрокарбонат-іони, на другому місці знаходяться зважені частинки та на третьому хлорид-іони.

Про ступінь забруднених атмосферних опадів можна судити і за інтегральними показниками, в даному випадку за коефіцієнтом концентрації

забруднюючої речовини, що є відношенням концентрації домішок до її фонового значення (K_{Ci}) [42]:

$$K_{Ci}=C_i/C_{\phi}, \quad (1.1)$$

Для отримання порівняльних даних про рівень забруднення атмосферних опадів на о. Хортиця та м. Запоріжжя за фонові навантаження прийнято навантаження, що створюється в екологічно чистій зоні на відстані 200 км від міста.

Для визначення екологічного стану урбанізованої території використовується сумарний показник хімічного забруднення (ПХЗ) опадів, який є сумою коефіцієнтів концентрації забруднюючих речовин в атмосферних опадах і може розглядатися як інтегральна характеристика якості опадів [42].

Таким чином, газоподібні забруднюючі речовини, що виділяються котельнею, розташованою на території м. Запоріжжя, трансформуються в атмосфері в кислотоутворюючі іони, потім вимиваються з неї опадами і потрапляють у ґрунт території, де накопичуються та викликають значне закислення ґрунтового покриву. Це робить урбанізовану територію, що прилягає до джерела, що досліджується, екологічно неблагополучною.

З метою вдосконалення технології спалювання палива котельні, а саме економічності його спалювання та зменшення викидів в атмосферу, було прийняте рішення енергоекологічної оптимізації спалювання палива. Це питання розглянуто з прикладу переведення парового котла ДКВР-6,5/13, працюючого на кам'яному вугіллі, на деревні відходи (пелети).

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

Розглянутий матеріал у цьому розділі показав, що реконструкція систем теплопостачання з метою підвищення енергетичної ефективності є необхідним завданням у галузі енергетики країни. Всі перераховані вище проблеми у теплопостачанні посилюються відомчою роз'єднаністю та корпоративними інтересами, які йдуть у розріз з інтересами населених пунктів країни. Проаналізувавши вітчизняні та зарубіжні джерела, не важко помітити, що відсутність необхідних даних, як правило, ускладнює повною мірою оцінити проблеми реконструкції систем теплопостачання та способи суттєвого підвищення їхньої енергетичної ефективності, тому практично всі статті мають переважно теоретичну складову, без конкретних прикладів. Є безліч способів, за допомогою яких можна підвищити енергетичну ефективність галузі, але їх необхідно своєчасно доопрацьовувати із застосуванням сучасних технологій та обладнання.

Мета та завдання дослідження

Метою магістерської роботи є розробка технологічного процесу переведення котельні на альтернативне паливо для підвищення енергетичної ефективності, за допомогою якого буде можлива реконструкція котелень по всій країні.

Для досягнення цілей було поставлено такі завдання:

- проаналізувати існуючі джерела та виявити основні проблеми реконструкції систем теплопостачання;
- сформулювати основні принципи, на яких ґрунтуватиметься розвиток систем теплопостачання;
- оцінити потенціал енергозбереження у системах теплопостачання;

- розглянути способи, що дозволяють досягти суттєвого підвищення енергетичної ефективності систем теплопостачання;
- виконати оцінку екологічного благополуччя території, що прилягає до котельні;
- виявити і обґрунтувати необхідність модернізації обладнання котельні для використання альтернативного палива;
- розробити технологічний процес переведення котельні на альтернативне паливо;
- провести енергетичне та економічне обґрунтування передбачуваної заміни.

РОЗДІЛ 2

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ПЕРЕВЕДЕННЯ КОТЕЛЬНОЇ НА АЛЬТЕРНАТИВНЕ ТА ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТО ПАЛИВО

Перехід на альтернативні види палива рухається стрімко по всьому світу, оскільки ціни на ресурси, що відновлюються, зростають, а їх запаси зменшуються. Для економії енергетичних ресурсів та вирішення екологічних проблем необхідно впроваджувати виробництво нових видів твердого палива.

В даний час широкого поширення набуло пелетне біопаливо. Пелети - паливні гранули, які за своїми характеристиками не поступаються традиційному паливу, що забезпечує широку сферу їх застосування. Найбільш поширеними є дерев'яні пеллети. Вони виглядають, як маленькі циліндри (рис. 2.1), діаметром 6-14 мм і довжиною 0,5-2 см. Сировиною для пелет служать: тирса, стружка, неякісна деревина, кора (лісопилки викидають сировину), а також відходи сільського господарства (солома, багаття льону, торф, висівки). Пелети - екологічно чистий матеріал, оскільки, на відміну від вугільного палива, викидають в атмосферу CO_2 , який вбирає дерево під час зростання. Зола, що утворюється при спалюванні пелетних гранул, становить, як правило, до 1% за масою, причому її можна використовувати у вигляді добрива [6].

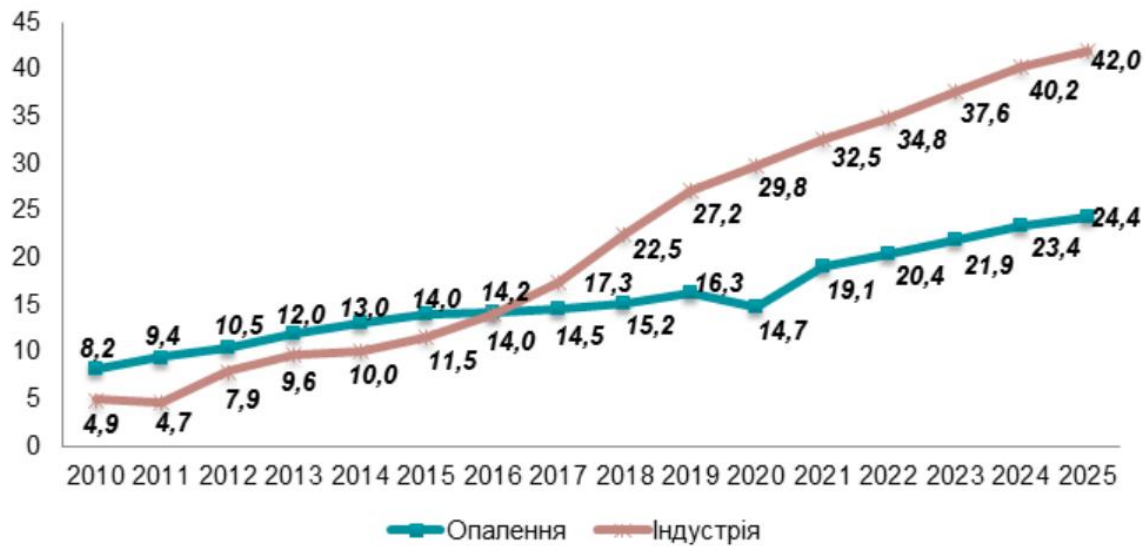


Рисунок 2.1 – Пелети

Український ринок пелет загалом характеризується нерозвиненістю, дуже слабким внутрішнім попитом та великим обсягом пропозицій. Починаючи з 2007 р. склалася ситуація, за якої виробництво пелет було орієнтовано на експорт. Сировина для виробництва пелет завжди мала статус виробничих відходів (деревна тріска, солома та соняшникове лушпиння). Стрімкому зростанню кількості підприємств – виробників-експортерів пелет сприяв розвиток виробництва енергії з пелет у країнах ЄС-27, доступність та низька конкуренція за сировину в Україні, низька собівартість внутрішнього виробництва пелет в Україні, курсова різниця з євро.

Пелети як паливо, внаслідок постійного підвищення ціни на традиційне для України паливо – природний газ, стали конкурентоздатними. Проте без надійних енергетичних установок середньої потужності українського виробництва та через високу ціну імпортованих місцевий попит не спроможний забезпечити споживання палива відповідно до пропозиції. Для виробників пелет

із соломи спад попиту став найвідчутнішим. Майже весь обсяг продукції, що вироблявся на експорт, скоротився з 18 000 т у 2012 р. до 9000 т у 2013 р., а у 2014 та 2015 рр. сягнув небувало низької позначки – 130 т. Таким чином, виробники пелет із соломи суттєво згорнули свою діяльність щодо експорту продукції (рис. 2.2).



Джерело: за даними Argus Biomass Direct data, European Pellet Council, HPBA stove data; оцінка Pro-Consulting

Рисунок 2.2 – Динаміка світового споживання пелет в 2010-2018 рр. та прогноз на 2019-2025 рр., млн. т

За прогнозами аналітиків консалтингової компанії Рюру, споживання деревних гранул у світі за період 2015-2025 років. зросте більш ніж 1,7 разу, з 27 млн. тонн до 47,3 млн. тонн на рік. У європейських країнах передбачається стабільне зростання споживання пелет у середньому на 7% щорічно, а обсяги споживання зростуть з 16,2 млн. тонн у 2014 р. до 23,8 млн. тонн у 2020 р. (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Прогноз споживання пелет в 2014-2020гг.

<i>Показник</i>	<i>2014</i>	<i>2015</i>	<i>2016</i>	<i>2017</i>	<i>2018</i>	<i>2019</i>	<i>2020</i>
Прогноз споживання пелет в світі, млн.т	27,0	29,2	33,0	36,0	39,0	42,0	47,3
Прогноз споживання пелет в Європі, млн.т	16,2	16,4	18,8	20,1	21,4	22,7	23,8
Темп зростання світового споживання, %, р/р	12,5	8,1	13,0	9,1	8,3	7,7	12,6
Темп зростання споживання в Європі, %, р/р	4,0	5,8	14,6	6,9	6,5	6,1	4,8

Відповідно до даних консалтингової компанії Pöyry

Найбільшими виробниками пелет серед європейських країн є Швеція, Італія, Німеччина, Австрія, Польща, на ці країни припадає 56% загального обсягу виробництва пелет у Європі. До найбільших споживачів пелет у Європі відносяться Швеція, Данія, Нідерланди, Італія, Німеччина, Бельгія, Великобританія. Відповідно на їхню частку припадає 81% споживання пелет у Європі (рис. 2.2).

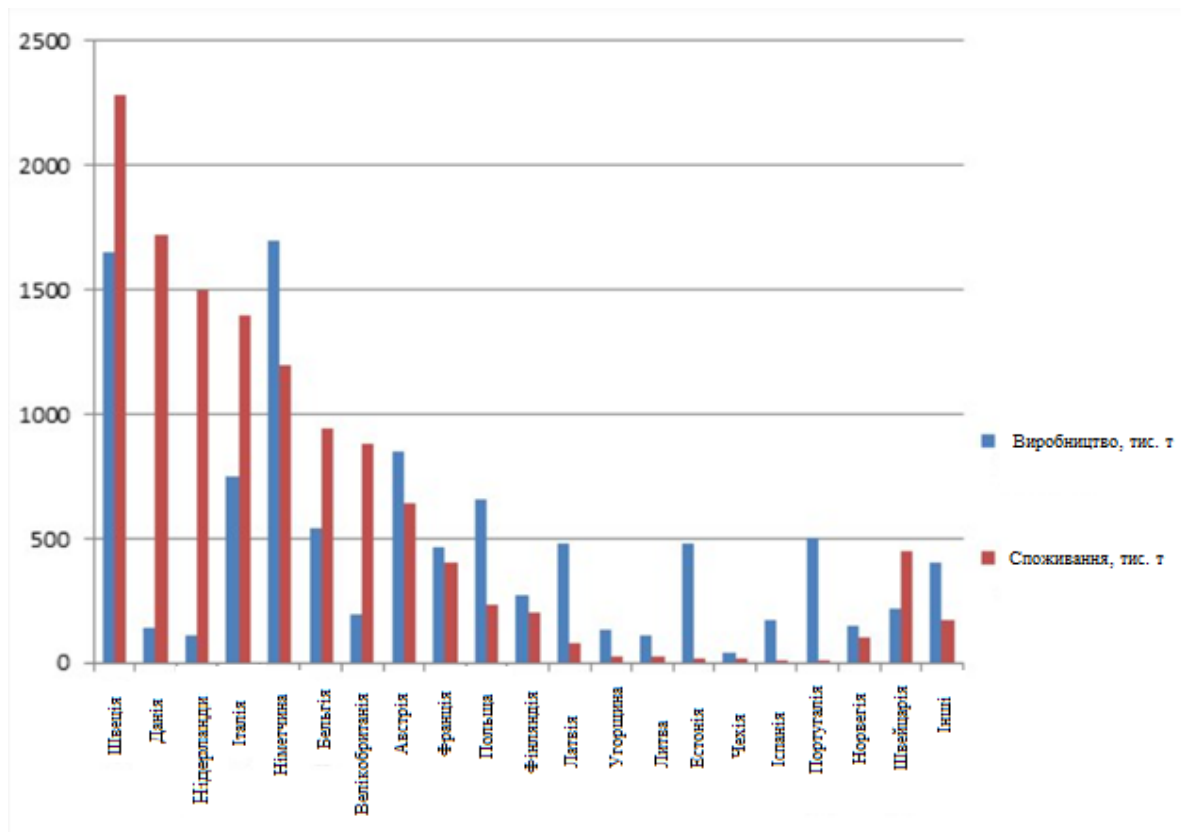


Рисунок 2.2 – Споживання пелет в Європі

Середня ціна на пелети залишається найвищою у країнах ЄС, у цих країнах збережеться тенденція щорічного зростання вартості пелет (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Цінова політика на пелети

Ринки	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Україна, євро/т	78	75	105	99,1	104,6	110,1	115,6
ЄС, євро/т	123	133	135	139,5	142,8	146,1	149,2

В Україні закупівельна ціна пелетів у 2013-2014 роках становила близько 100 євро за тонну, для порівняння в країнах ЄС вартість такого палива в середньому - 140 євро за тонну, а в Німеччині сягає 180 євро за тонну з урахуванням доставки. Слід також зазначити, що продаж у роздріб ще більш рентабельний - вартість пелет, упакованих у мішки досягає 250 євро за тонну.

Внутрішній попит в Україні на пелети поки що невеликий. Водночас, завдяки високому попиту на європейському ринку виробництво паливних гранул в Україні набирає обертів з кожним роком.

Згідно з оцінками InVentures Investment Group обсяг ринку пелетного виробництва до 2020 року характеризувався динамічним зростанням і на кінець періоду становив близько 624 тис. тонн (табл. 2.3). Однак із запровадженням у країнах Європи нових стандартів якості для пелет експорт продукції з України помітно почав знижуватися, оскільки багато виробників не змогли випускати продукцію відповідної європейським стандартам якості.

Таблиця 2.3 – Показники розвитку ринку пелет в Україні

Показник	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Виробництво, тис. т	624,0	726,0	690,0	665,0	698,0	706,7	716,4
Темпи зростання, % р/р	43,45	16,35	-4,96	-3,62	4,96	1,25	1,23
Експорт, тис.т	572,2	617,1	621,0	598,5	642,1	636,0	643,8

На ринку виробництва пелет України, починаючи з 2010 року, домінували пелети з лушпиння соняшника, але до 2013 року першість за обсягами виробництва зайняли пелети з деревних відходів. Обсяг виробництва пелет із деревних відходів у 2013 році становив 376,9 тис. тонн. За прогнозами аналітиків InVenture Investment Group у 2014-2016 роках. виробництво пелет в Україні виросте з 698 тис. тонн у 2014 р. до 715 тис. тонн у 2016 році.

Нижча теплота згоряння пелетного палива складає 20 МДж/кг [7], що можна порівняти з нижчою теплотою згоряння бурого вугілля 15 МДж/кг, кам'яного вугілля 32-37 МДж/кг та антрациту 34-36 МДж/кг. Тому пелети можуть конкурувати з цими видами палива. Переваги пелет перед цими видами палива можна виділити наступні:

- *перед газом:* висока пожежо- та вибухонебезпечність газу, дорога таважка процедура узгодження, підключення та отримання лімітів;
- *перед вугіллям:* спалювання вугілля не можна автоматизувати, в димових газах високий вміст сірки (до 100 разів більший) та оксидів азоту, необхідність утилізувати шлак, який досягає 40% від маси вугілля, низький ККД котлів;
- *перед електрикою:* висока вартість електроенергії, практична неможливість підключення необхідної потужності;
- *перед дровами:* неможливість автоматизувати спалювання дров, потрібна досить велика площа для зберігання, низький ККД котлів; перед мазутом: висока вартість палива, практична неможливість застосування в малих котлах, необхідність розрідження в холодну пору року, до 100 разів більша за вміст сірки в димових газах.

Виходячи з вищевикладеного, можна дійти невтішного висновку, що виробництво біопалива та перехід котелень на пелетне паливо є актуальним. Тому було прийнято рішення розробити технологічний процес переведення котельні на альтернативне та екологічно чисте пелетне паливо.

2.1 Вихідні дані для визначення теплового навантаження будинків

Розглянуто технологічний процес переведення котельної квартирноексплуатаційної частини (КЕЧ) Котельня-52 на альтернативн паливо. У розрахунках застосовані закони теплотехніки, термодинаміки та аналітичні методи. Виявлено та обґрунтовано необхідність модернізації обладнання для використання пелетного палива.

Для досягнення поставленої мети було сформульовано такі завдання:

- визначення теплового навантаження на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання;
- визначення витрат палива;

- визначення обсягу теоретичної кількості повітря та продуктів згоряння при спалюванні палива;
- економічне обґрунтування передбачуваної заміни.

Значення, необхідні визначення теплового навантаження будинків розташованих по 38ул.. Наукове містечко представлені в таблиці 2.4 та рис. 2.3.

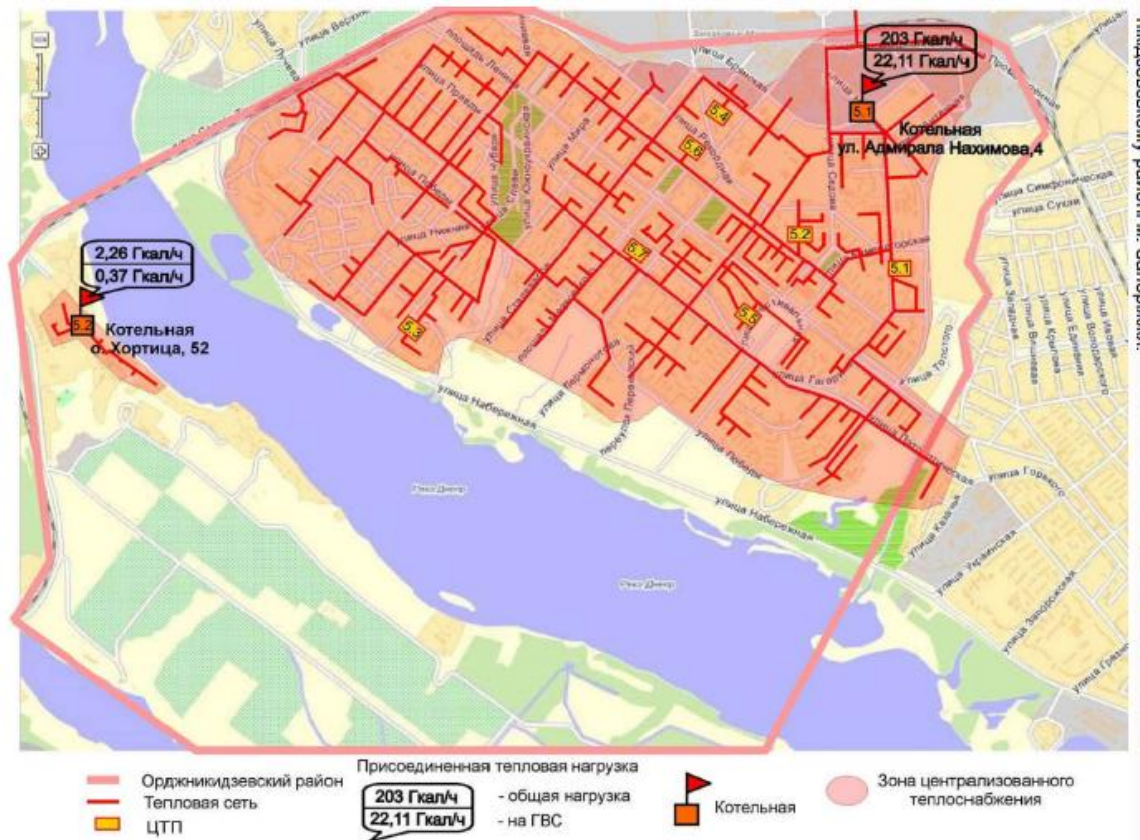


Рисунок 2.3 – Территория котельни

Таблица 2.4 – Витяг з житлового фонду станом на 2022 рік

№ п/п	Адреса	Площа, м ₂	Площа по зовнішньому обміру, м ²	Етажність	Житлових приміщень
1	о. Хортиця, 38ул.. Наукового містечка, 38	4383.00	1212,85	5	79
2	о. Хортиця, 38ул..	5359.00	1439,60	5	120

	Наукового містечка,40				
3	о. Хортиця, 39ул.. Наукового містечка,41	5359.00	1610,40	5	120
4	о. Хортиця, 39ул.. Наукового містечка,45	3348.00	885,50	5	75
5	о. Хортиця, 39ул.. Наукового містечка,46	4133.00	1242,80	5	90
6	о. Хортиця, 39ул.. Наукового містечка,48	3491.00	996,80	5	80
7	о. Хортиця, 39ул.. Наукового містечка,49	3348.00	948,72	5	75
8	о. Хортиця, 39ул.. Наукового містечка,53	4133.00	1151,68	5	90
9	о. Хортиця, 39ул.. Наукового містечка,54	3348.00	1371,52	5	75
10	о. Хортиця, 39ул.. Наукового містечка,55Б	3491.00	919,80	5	80
11	о. Хортиця, 39ул.. Наукового містечка,55А	3348.00	918,00	5	75
12	о. Хортиця, 39ул.. Наукового містечка,55	3491.00	882,00	5	80
13	о. Хортиця, 39ул.. Наукового містечка,56	3348.00	1010,10	5	75
14	о. Хортиця, 39ул.. Наукового містечка,57	3390.00	759,00	5	60
15	о. Хортиця, 39ул.. Наукового містечка,59	2679.00	744,00	5	75

16	о. Хортиця, 40ул.. Наукового містечка,60	3390.00	759,00	2	60
17	о. Хортиця, 40ул.. Наукового містечка,62	3348.00	889,20	5	75
18	о. Хортиця, 40ул.. Наукового містечка,64	3403.00	1026,60	5	72
19	о. Хортиця, 40ул.. Наукового містечка,66	5285.00	1287,90	5	80
20	о. Хортиця, 40ул.. Наукового містечка,68	4133.00	1222,00	5	90
21	о. Хортиця, 40ул.. Наукового містечка,70	2761.00	658,00	5	48
22	о. Хортиця, 40ул.. Наукового містечка,72	3348.00	1078,00	5	75
23	о. Хортиця, 40ул.. Наукового містечка,74	3348.00	1021,08	3	75
24	о. Хортиця, 40ул.. Наукового містечка,75	3348.00	970,20	5	75
25	о. Хортиця, 40ул.. Наукового містечка,76	3348.00	663,51	2	12

Вихідними даними також для розрахунку є: кількість мешканців вулиці – 568 осіб; вид системи теплопостачання – закрыта; тривалість опалювального періоду $z_{ht} = 180$ діб [1]; розрахункова температура повітря найбільш холодної п'ятиденки, забезпеченістю 0,92 – (-15 ° C) – [1]; середня температура зовнішнього повітря $t_{ht} = -6,3$ 0C/Вт за опалювальний період; зона вологості – 3 (суха) [2]; кліматичний район –II (III) (-9,7°C; 5,6 м/с) (клімат району –

помірно-континентальний, з великим коливанням температури між зимою та літом, малою кількістю опадів.)[1].

Відомості про об'єкт (котельня № 2043):

- рівень відповідальності будівлі – II (нормальний) за – [11];
- ступінь вогнестійкості будівлі – III за таблицею 6.9 – [12];
- поверховість будівлі – одноповерхова.

2.2 Основне обладнання котельні

Котельня обладнана паровими та водогрійними котлами наступних марок: ДКВР-10/13, КВ-ГМ-20-150, ДКВР-6,5/13, Е5-ДП, Скіф – Універсал 6», ВК-70, Е5-Д2. Як паливо використовується вугілля.

Теплова потужність котельні № 2043 – 28,24 Гкал / год = 32,84 МВт.

Таблиця 2.5 – Розрахункові характеристики твердих палив

Родовище та марка палива	Склад робочої маси палива, %							Нижча теплота згоряння, МДж/кг
	<i>W_p</i>	<i>A_p</i>	<i>S_p</i>	<i>C_p</i>	<i>H_p</i>	<i>N_p</i>	<i>O_p</i>	
Вугілля Дніпровський Д*	12,0	13,2	0,3	58,7	4,2	1,9	9,7	22,84
Волинський Г	14,0	9,5	0,5	59,5	4,0	1,5	11,0	22,84
Сланець горючий	11,5	60,0	1,7	20,6	2,7	0,1	2,8	5,82
Торф фрезерний	50,0	6,3	0,1	24,7	2,6	1,1	15,2	10,22

2.3 Водогрійні котли

Основними характеристиками водогрійних котлів є (ГОСТ 2326-93) теплопродуктивність (МВт; Гкал/год); температура води на виході з котла (С); різницю температур води на виході та вході в котел (°С); тиск води на вході в казан (МПа); тиск води на виході з казана (МПа). [4]

Водогрійні котли призначені для отримання гарячої води з температурою 150 °С, яка використовується в системах опалення, вентиляції та гарячого водопостачання промислового та побутового призначення, а також для технологічних цілей. Котли теплопродуктивністю 11,63; 23,26; 35 МВт/годину мають однаковий профіль і відрізняються лише глибинами камери згоряння та конвективної шахти. Камера топки, що має горизонтальне компонування, екранована трубами Ø60x3мм з кроком 64 мм, що входять в колектори Ø219x10 мм. Конфігурація камери у поперечному розрізі має профіль залізничного габариту. Конвективна поверхня нагріву розташована у вертикальній, повністю екранованій шахті і набирається з U-подібних ширм із труб Ø28x3мм з кроком S1=64мм. та S2=40 мм[4].

Котли можуть бути обладнані зарубіжними та вітчизняними газовими пальниками відповідної продуктивності (що мають відповідні характеристики та сертифікат відповідності Держстандарту). Пальник типу РГМГ (або ПГМГ) встановлюється на повітряному коробі котла, який кріпиться на фронтальному екрані вертикальним колекторам. Під час роботи на мазуті котел комплектується вентилятором. Тиск мазуту перед форсункою 0,1-0,2 МПа. Тиск газу перед пальником КВ-ГМ-23,26-150-0,033 МПа. Котли, що працюють на мазуті, обладнуються пристроєм газоімпульсного очищення (ГІО) для видалення зовнішніх відкладень з конвективного труб нагріву. Газоімпульсне очищення засноване на спалюванні газоповітряної суміші у високотурбулентному (вибуховому) режимі з певною частотою.[4]

Технічні характеристики водогрійного казана КВ-ГМ-20-150 представлені в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 - Технічні характеристики котла КВ-ГМ-20-150

Технічні характеристики	КВ-ГМ-23, 26-150
Тип котла	Водогрійний
Теплопродуктивність номінальна, МВт	23,26
Вид палива	Газ/мазут
Робочий тиск води, МПа	2,5
Температура води на вході, °С	70
Температура води на виході, °С	150
Гідравлічний опір, МПа	0,25
Діапазон регулювання теплопродуктивності по відношенню до номінальної, %	30-100
Витрати палива, м ³ /год	2450
Габарити (LxVxH), мм	12447x5000x7975
ККД котла, %, не менше	92,0

Котел Е5-Д2 використовується як водогрійний опалювальний котел, а також як паровий котел з установкою парозбірника зверху котла і з'єднанням з котлом опускними та підйомними трубами. Чавунно-секційні котли розроблялися для роботи на вугіллі, набули повсюдного поширення, найчастіше

вони застосовувалися в котельних невеличких міст. На базі секції котла Е5-Д2 завдяки зміні числа секцій (від 18 до 34 шт.) утворюються три типорозміри котлів з поверхнею нагрівання 36, 46 та 59 м². Внаслідок цього теплопродуктивність казанів збільшується з 0,4 до 0,6 Гкал/год.

Е5-ДП - модель котла з покращеними експлуатаційними якостями, зі спеціальними накладними лючками, що замінюють цеглу, для полегшення чищення газоходів котла від золи та сажі.

Твердопаливний котел «Скіф-Універсал-6» - секційний чавунний котел потужністю від 250 до 590 кВт, призначений для забезпечення теплом житлових будівель та нежитлових споруд, що є рядами чавунних секцій, з'єднаних між собою через ущільнені ніпелі, скріплені стяжними болтами. Цей котел може мати від 18 до 42 секцій та теплопродуктивність від 0,195 до 0,457 МВт. Температура води на виході може становити до 115 °С. Котли «Скіф-Універсал-6» можуть також використовуватися як парові з тиском пари до 0,7 кг/см². Тверде паливо подається в котел вручну через дверцята завантаження.

ВК-70 - котел постійної конденсації призначений для роботи з двоступінчастим газовим або рідкопаливним пальником.

2.4 Парові котли

Основними характеристиками водогрійних котлів є (ГОСТ 3619-89) паропроодуктивність (т/год), абсолютний тиск пари (МПа), стан або температура пари (°С), температура пари проміжного перегріву (°С), температура живильної води (°С) [13]

Котел ДКВР – двобарабанный, вертикально-водотрубный реконструированный агрегат, призначений для вироблення насиченої або перегрітої пари температурою 194 або 250 градусів, що використовується для забезпечення теплотою технологічних споживачів, систем опалення, вентиляції

та гарячого водопостачання. Пальне, що використовується, вимагає відповідного топкового пристрою. Для роботи на вугіллі агрегат оснащується напівмеханічними камерами горіння класу ПМЗ-РПК. Конструктивні схеми котлів постійні. На них не впливає те, яке паливо застосовується або який топковий пристрій задіяний. [13]

Технічні характеристики парових казанів типу ДКВР представлені в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Технічні характеристики котлів ДКВР, що працюють на вугіллі та антрациті

Технічні характеристики	ДКВР-6,5/13	ДКВР-10/13
Паропродуктивність номінальна, т/год	6,5	10
Вид палива	Кам'яне вугілля	
Тиск пари, Мпа	1,3	
Температура пари, °С	194	
Поверхня нагріву котла, м ² : радіаційна/конвективна/загальна	27,9/197,4/225,8	47,9/229,1/227,0
Об'єм котла, м ³ , паровий/водяний	2,55/7,80	2,63/9,11
Витрата палива, кг/год	726	1100
ККД, %	82	84
Габаритні розміри (LxВxН), мм	8210x4695x5170	8450x5830x7100

2.5 Технологічний процес виробництва пари в котельні

Технологічний процес виробництва пари на даній котельні здійснюється наступним чином: шляхом ручної подачі тверде кускове паливо з майданчиків, призначених для його зберігання, потрапляє до котельної установки. Повітря, необхідне для горіння палива, забирається вентилятором з верхньої зони приміщення котельні, подається в повітрянагрівач для підігріву за рахунок тепла газів, що йдуть, а потім через канали позонного дуття і зазори між колосниками нагнітається під натиском в шар палива. Тепло, що виділяється при згорянні палива, передається котлу випромінюванням розжареного шару палива та полум'я у самій топці та від нагрітих газоподібних продуктів згорання у газоходах котла. Волога насичена пара, що утворилася в кип'ятільних трубах котла, збирається в барабані, звідки, пройшовши сепараційні пристрої, прямує через колектор в пароперегрівач, де нагрівається до заданої температури, а потім через збірний колектор та головний парозапірний вентиль йде до споживача [14].

Конденсат відпрацьованої пари, що повернувся до споживача, прямує в деаератор для видалення з нього повітря та активних газів, туди ж для цієї мети подається насосом додаткова хімічно очищена вода і конденсат з теплообмінних пристроїв власних потреб. Після деаерації вся поживна вода подається насосами у водяний економайзер, де за рахунок тепла газів підігрівається до температури, що не перевищує температури кипіння, і надходить в барабан для подальшого випаровування. Нагріті гази, що йдуть з топки, проходять послідовно між трубами паропідігрівача, водяного економайзера і всередині труб повітропідігрівача, віддаючи тепло на перегрів пари, підігрів поживної води і повітря, охолоджуються і димососом видаляються через димову трубу в атмосферу [15].

2.6 Визначення теплових навантажень на опалення, вентиляцію, гаряче водопостачання

Для визначення теплових навантажень необхідно розрахувати теплові навантаження для окремих будівель. Наприклад, здійснимо розрахунок теплових навантажень для будівлі, що розміщена на Наукового містечка, 74.

Розрахунковий тепловий потік для будівлі складається з наступних трьох показників:

1. Тепловий потік для опалення будівель. Для розрахунку мережі береться максимальний для опалення при розрахунковій температурі.
2. Максимальний тепловий потік вентиляції.
3. Тепловий потік гаряче водопостачання. Для розрахунку береться середня.

Розрахуємо максимальний тепловий потік на опалення будинку №74.

$$Q_{o_{max}} = q_o \cdot V_{стр} \cdot (t_i - t_o), \quad (2.1)$$

де $V_{стр}$ – будівельний обсяг будівлі;

t_i - розрахункова температура внутрішнього повітря (прийmemo $t_i = 20^\circ \text{C}$);

t_o - розрахункова температура зовнішнього повітря для проектування опалення (середня температура найбільш холодної п'ятиденки);

q_o – питома опалювальна характеристика будівлі. Значення приймаються залежно від поверховості, будівельного обсягу та призначення будівлі за [2].

При розрахунку будівельного обсягу будівлі необхідно врахувати займану площу (береться з ген. плану), поверховість та розрахункову висоту одного поверху. Для всіх будівель прийmemo висоту поверху 3м. Будівля №74 – це 3-х поверховий житловий будинок. Займана площа дорівнює 909,00 м².

Розрахуємо будівельний об'єм будівлі.

$$V_{\text{стр}} = 3 \cdot 1 \cdot 909,00 \cdot 3 = 8186,00 \text{ м}^3, \quad (2.2)$$

де: 1 - кількість будівель даної будівлі (в даному випадку 3-х поверхового будинку)

Питому теплову характеристику для будівлі приймемо рівною $q_o = 0,408$ Вт/(м³·°С). Розрахункова температура опалення становить $t_o = -23$ °С.

$$Q_{o_{\text{max}}} = 0,408 \cdot 8186,00 \cdot (20 - (-23)) = 143,615 \text{ кВт}$$

Максимальний тепловий потік на вентиляцію будівлі можна визначити за наступною залежністю:

$$Q_{v_{\text{max}}} = q_v \cdot V_{\text{стр}} \cdot (t_i - t_o), \quad (2.3)$$

де: q_v - питома вентиляційна характеристика будівлі (приймається по [2] залежно від призначення та будівельного обсягу будівлі).

Для житлових будинків $Q_{v_{\text{max}}} = 0$. Т.к. будівля № 74 є житловою, то маємо:

$$Q_{v_{\text{max}}} = 0$$

Середній тепловий потік на гаряче водопостачання визначається за такою формулою:

$$Q_{hm} = \frac{1,2 \cdot c \cdot \rho \cdot q_u \cdot U \cdot (t_r - t_x)}{T}; \quad (2.4)$$

де: c – теплоємність води, $c = 4190$ Дж/(кг·°С);

ρ – щільність води;

g_u – середня за добу норма витрати гарячої води на одиницю виміру споживача. Одиниця виміру та норма приймаються по [10];

U – кількість одиниць виміру споживача;

t_2 – температура гарячої води у джерелі водорозбору. Прийmemo $t_2 = 55^\circ \text{C}$;

t_c – температура холодної води в період опалення. Прийmemo $t_c = 5^\circ \text{C}$.

T – час споживання гарячої води протягом доби, з/добу.

Так як, будівля № 74 є жилою, то норма витрати приймається рівною $g_u = 85$ л/добу на од. Кількість одиниць дорівнює кількості мешканців будинку. У будівлі є 24 квартири. Для розрахунку прийmemo, що кількість жителів, що припадають на 1 квартиру, дорівнює 3. Виходячи з цього кількість одиниць вимірювання прийmemo рівним $U = 24 \cdot 3 \cdot 1 = 72$, де 1- кількість будівель даної будівлі.

Водорозбір гарячої води може проводитись цілодобово. Виходячи з цього, прийmemo $T = 24 \text{ год} \cdot 60 \text{ хв} \cdot 60 \text{ с} = 86400$ с/добу.

$$Q_{hm} = \frac{1,2 \cdot 4190 \cdot 1000 \cdot 0,085 \cdot 72 \cdot (55 - 5)}{86400} = 17,81 \text{ кВт.}$$

Максимальний тепловий потік на гаряче водопостачання можна визначити за такою залежністю:

$$Q_{hmax} = 2,4 \cdot Q_{hm} = 2,4 \cdot 17,81 = 42,74 \text{ кВт.}$$

Сумарний середній тепловий потік становитиме:

$$\Sigma Q_{cp} = Q_{o_{max}} + Q_{v_{max}} + Q_{h_m} = 143,615 + 0 + 17,81 = 161,425 \text{ кВт.}$$

Для решти будівель всі вищевикладені розрахунки зведемо в таблиці 2.6 і 2.7.

В результаті розрахунку визначено теплове навантаження селища, тобто витрати тепла на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання. Навантаження склало **17,49** МВт.

Таблиця 2.6 - Вихідні дані для визначення теплового навантаження

№ п/п	Категорія будівлі	Кількість квартир	Площа, м ²	Поверховість	Кількість будівель	Об`єм	Кількість од. використання.
1	Житловий будинок (2 поверхи)	22	2146,47	2	1	12878,82	66
2	Житловий будинок (3 поверхи)	24	909,00	3	1	8186,00	72
4	Житловий будинок (5 поверхів)	321	42778,39	5	22	641675,85	9654
6	Дитячий садочок (150 місць)	125	956,12	1	1	5736,72	375

Таблиця 2.7 - Теплове навантаження по вулиці Наукове містечко

	Житловий будинок 2 поверхи	Житловий будинок 3 поверхи	Житловий будинок 5 поверхів	Дитячий садочок 125 місць	Разом
$V_{стр}, \text{ м}^3$	12878,82	8186,00	641675,85	5736,72	
$t_{вн}, \text{ }^\circ\text{C}$	20	20	20	20	
$q_0, \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{ }^\circ\text{C})$	0,460	0,408	0,302	0,445	

$q_v, \text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{С})$	-	-	-	0,19	
$Q_{0\text{max}}, \text{кВт}$	290,29	143,615	9495,52	12,09	9941,515
$Q_{v\text{max}}, \text{кВт}$	0	0	0	52,41	52,41
$g_u, \text{л}/\text{добу.од.}$	85	85	85	25	
$Q_{hm}, \text{кВт}$	16,32	17,81	2387,69	27,28	2449,1
$Q_{h\text{max}}, \text{кВт}$	39,18	42,74	5730,45	65,47	5877,84
$Q_{\text{сум.сер}}, \text{кВт}$	306,61	161,425	11833,21	153,37	12454,615

2.7 Діаграма споживання

Збудуємо діаграму теплоспоживання за місяцями для житлового району. Для цього необхідно визначити теплові навантаження району для кожного місяця за такими залежностями:

$$Q_0^{\text{міс}} = Q_{0\text{max}} \cdot \frac{t_i - t_{\text{ср.міс}}}{t_i - t_0} \cdot n_{\text{міс}}, \quad (2.5)$$

$$Q_v^{\text{міс}} = Q_{v\text{max}} \cdot \frac{t_i - t_{\text{ср.міс}}}{t_i - t'_0} \cdot n_{\text{міс}} \cdot \frac{z}{24}, \quad (2.6)$$

$$Q_{hm}^{\text{міс}} = Q_{hm} \cdot n_{\text{міс}}. \quad (2.7)$$

де z – усереднене за опалювальний період кількість годин роботи системи вентиляції громадських будівель протягом доби. Внаслідок відсутності даних приймемо $z = 16$ год. $Q_{0\text{max}}$, $Q_{v\text{max}}$, Q_{hm} – підсумкові дані таблиці 2.8.

$n_{\text{міс}}$, $t_{\text{ср.міс}}$ – тривалість і середня температура зовнішнього повітря для розрахункового місяця. Зовнішню середньомісячну температуру приймемо за таблицею середньомісячних температур.

Для січня середньомісячна температура становитиме $t_{\text{ср.міс}} = -14,4 \text{ }^\circ\text{C}$.
Тривалість січня $n_{\text{міс}} = 31 \text{ день} = 2678400 \text{ с}$.

Середньомісячні теплові потоки у січні становитимуть:

$$Q_0^{\text{міс}} = 14195,13 \cdot \frac{20 + 14}{20 + 23} \cdot 2678400 = 30,062 \cdot 10^9 \text{ кДж};$$

$$Q_v^{\text{міс}} = 432,73 \cdot \frac{20+14}{20+23} \cdot 2678400 \cdot \frac{16}{24} = 0,54 \cdot 10^9 \text{ кДж};$$

$$Q_{hm}^{\text{міс}} = 3340,4 \cdot 2678409 \cdot 2678400 = 8,95 \cdot 10^9 \text{ кДж}.$$

При розрахунках слід врахувати, що опалювальний період починається при зниженні середньомісячної температури нижче $+8 \text{ }^\circ\text{C}$. У літній період теплові потоки на опалення та вентиляцію відсутні, а середньомісячний потік на гаряче водопостачання становитиме:

$$Q_{hm}^s = Q_{hm} \cdot \frac{t_r - t_c^s}{t_r - t_c} \cdot \beta, \quad (2.8)$$

де: t_r – температура гарячої води у системі гарячого водопостачання, умовно приймемо $t_r = 65 \text{ }^\circ\text{C}$;

t_s – температура холодної води у теплий період року, умовно приймемо $t_s = 15 \text{ }^\circ\text{C}$.

t_c – температура холодної води в холодну пору року. Умовно приймемо $t_c = 5 \text{ }^\circ\text{C}$.

β – поправочний коефіцієнт, що враховує зміну середньотижневої витрати води на гаряче водопостачання у неопалювальний період по відношенню до опалювального періоду, що приймається рівним 0,85.

Значення середньомісячних теплових потоків інших місяців зведемо в таблицю 2.8.

Використовуючи наведені значення, збудуємо діаграму теплоспоживання для вулиці Наукове містечко (рисунок 2.5).

Таблиця 2.8 - Середньомісячні теплові потоки по місяцях

№	Місяць	$Q_{0\text{міс}},$ кДж, 10^9	$Q_{\nu\text{міс}},$ кДж, 10^9	$Q_{\text{hm(міс)}},$ кДж, 10^9	$Q_{\text{сум(пор.)}},$ кДж, 10^9	$t_{\text{ср}},$ Міс
1	2	3	4	5	6	7
1	Січень	26,70	0,54	8,95	36,19	-14,4
2	Лютий	23,48	0,48	8,08	32,04	-13,5
3	Березень	20,64	0,42	8,95	30,02	-6,6
4	Квітень	10,66	0,22	8,66	19,54	5,8
5	Травень	0,00	0,00	6,34	6,34	14,6
6	Червень	0,00	0,00	6,14	6,14	19,2
7	Липень	0,00	0,00	6,34	6,34	21,0
8	Серпень	0,00	0,00	6,34	6,34	19,6
9	Вересень	0,00	0,00	6,14	6,14	13,1
10	Жовтень	12,34	0,25	8,95	21,54	4,1
11	Листопа д	17,87	0,36	8,66	26,89	-3,8
12	Грудень	23,59	0,48	8,95	33,02	-10,4
-	Рік	135,28	2,75	92,50	230,53	4,1

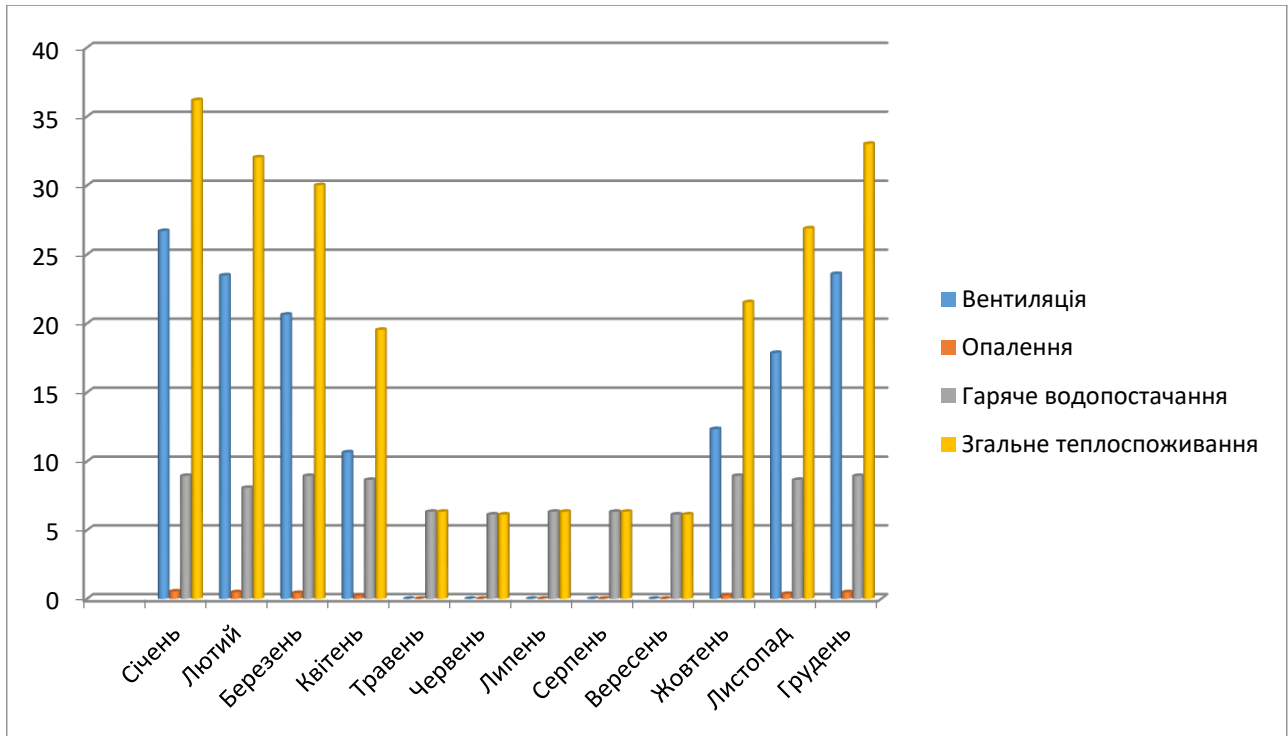


Рисунок 2.4 - Діаграма тепло споживання

2.8 Розрахунок витрати пального, обсягу теоретичної кількості повітря та продуктів згоряння при спалюванні кам'яного вугілля

Паливо: вугілля Донецького басейну;

Склад палива:

$W^p = 12,0\%$; $A^p = 13,2\%$; $S^p = 0,3\%$; $C^p = 58,7\%$; $H^p = 4,2\%$; $N^p = 1,9\%$; $O^p = 9,7\%$;

Нижча теплота згоряння: $Q_H^p = 22,84$ МДж/кг.

Для всієї котельні знаходимо витрату палива [37], (г/с):

$$B^p = \frac{N \cdot Q_{BK}}{\eta_{ka} \cdot Q_H^p}, \quad (2.9)$$

$$B^p = \frac{1 \cdot 17,49}{0,809 \cdot 22,84} = 0,95.$$

де: Q_H^p - теплота згоряння 1 кг твердого палива, МДж/кг; N – число котлоагрегатів, шт; η_{ka} - коефіцієнт корисної дії котлоагрегату брутто (середній за даним типом котлів); Q_{BK} - повна кількість корисно використаного тепла, МВт.

Розрахунок викидів шкідливих речовин

Визначаємо масовий викид летючої золи [37], г/с:

$$M_{ТВ} = 0,012 \cdot B^p \cdot \alpha_{ун} \left(A^p + q_4 \frac{Q_H^p}{32,680} \right) \cdot (1 - \eta_3), \quad (2.10)$$

$$M_{ТВ} = 0,012 \cdot 0,95 \cdot 0,25 \left(13,2 + 0,5 \frac{22,84}{32,680} \right) \cdot (1 - 0,8) = 0,0077,$$

де $\alpha_{ун}$ - частка золи палива, що відноситься газами; η_3 - частка твердих частинок, що уловлюються в золоуловлювачі; q_4 - втрати теплоти від механічної неповноти згоряння палива; 32,680 - теплота згоряння вуглецю.

Визначаємо кількість оксидів сірки у перерахунку на SO_2 [37], г/с:

$$MSO_2 = 0,02 \cdot B^p \cdot S^p (1 - \eta'_{SO_2}) \cdot (1 - \eta''_{SO_2}), \quad (2.11)$$

$$MSO_2 = 0,02 \cdot 0,95 \cdot 0,3 (1 - 0,2) \cdot (1 - 0) = 0,0046,$$

де η'_{SO_2} – частка оксидів сірки, що зв'язуються в газовому тракті котла за рахунок реакцій, що протікають у мінеральній частині палив;

$\eta''SO_2$ - частка оксидів сірки, що уловлюються в золоуловлювачі. Вона є функцією наведеної сірчаності палива.

Визначаємо кількість оксидів азоту, що викидаються в атмосферу з димовими газами котелень [37], г/с:

$$M_{NO_2} = 0,34 \cdot 10^{-7} \cdot K \cdot B^P \cdot Q_H^P \cdot \left(1 - \frac{q_4}{100}\right) \cdot (1 - \varepsilon_1 \cdot r) \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot \varepsilon_2, \quad (2.12)$$

$$M_{NO_2} = 0,34 \cdot 10^{-7} \cdot 0,919 \cdot 0,95 \cdot 22,84 \left(1 - \frac{0,5}{100}\right) \cdot (1 - 0,01 \cdot 30) \cdot 0,648 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 0,7 = 1,82 \cdot 10^{-7},$$

де K - кількість оксидів азоту, що утворюються на 1 ГДж тепла, кг/ГДж, залежно від виду палива, що спалюється, і номінальної продуктивності котельної установки, визначається за графіком на Рисунку 5.

ε_1 - коефіцієнт, що характеризує ефективність рециркуляції газів залежно від умов подачі їх у топку, %;

ε_2 - коефіцієнт, що характеризує зниження викидів оксидів азоту, %;

r - ступінь рециркуляції димових газів, %

β_1 - коефіцієнт, що враховує вплив на вихід оксидів азоту, %;

β_2 - коефіцієнт, що враховує конструкцію пальників, %;

β_3 - коефіцієнт, що враховує вид шлаковидалення, %;

Таблиця 25 - Викиди шкідливих речовин одного котельного агрегату

Викиди	Одиниця виміру
Масова частка летючої золи	0,0077
Кількість оксидів сірки в перерахунку на SO_2	0,0046
Кількість оксидів азоту в перерахунку на NO_2	$1,82 \cdot 10^{-7}$

2.9 Розрахунок витрати пального, обсяг теоретичної кількості повітря та продуктів згоряння при спалюванні пелет

$W^p = 0,0\%$; $A^p = 0,8\%$; $S^p = 0,03\%$; $C^p = 46\%$; $H^p = 5,27\%$; $N^p = 0,6\%$; $O^p = 37,3\%$;

Нижча теплота згоряння: $Q_H^p = 20,00$ МДж/кг.

Визначаємо витрату палива , (г/с):

$$B^p = \frac{N \cdot Q_{BK}}{\eta_{ka} \cdot Q_H^p}, \quad (2.13)$$

$$B^p = \frac{1 \cdot 17,49}{0,809 \cdot 20,00} = 1,08.$$

де: Q_H^p - теплота згоряння 1 кг твердого палива, МДж/кг; N - число котлоагрегатів, шт; η_{ka} - коефіцієнт корисної дії котлоагрегату бруто (середній за даним типом котлів); Q_{BK} - повна кількість корисно використаного тепла, МВт.

Розрахунок викидів шкідливих речовин

Визначаємо масовий викид летючої золи, г/с:

$$M_{TB} = 0,012 \cdot B^p \cdot \alpha_{yH} \left(A^p + q_4 \frac{Q_H^p}{32,680} \right) \cdot (1 - \eta_3), \quad (2.14)$$

$$M_{TB} = 0,012 \cdot 1,08 \cdot 0,2 \left(0,8 + 0,5 \frac{20,00}{32,680} \right) \cdot (1 - 0,8) = 0,00043,$$

де α_{yH} - частка золи палива, що відноситься газами;

η_3 - частка твердих частинок, що уловлюються в золоуловлювачі;

q_4 - втрати теплоти від механічної неповноти згоряння палива.

Масовий викид оксидів сірки SO_2 та SO_3 в перерахунку на SO_2 .
Визначаємо кількість оксидів сірки в перерахунку на SO_2 , г/с:

$$M_{SO_2} = 0,02 \cdot Bp \cdot S^P (1 - \eta'_{SO_2}) \cdot (1 - \eta''_{SO_2}), \quad (2.15)$$

$$M_{SO_2} = 0,02 \cdot 1,08 \cdot 0,03 (1 - 0,15) \cdot (1 - 0) = 0,00055,$$

де η'_{SO_2} – частка оксидів сірки, що зв'язуються в газовому тракті котла за рахунок реакцій, що протікають у мінеральній частині палив;

η''_{SO_2} - частка оксидів сірки, що уловлюються в золоуловлювачі. Вона є функцією наведеної сірчаності палива.

Визначаємо кількість оксидів азоту, що викидаються в атмосферу з димовими газами котелень [37], г/с:

$$M_{NO_2} = 0,34 \cdot 10^{-7} \cdot K \cdot B^P \cdot Q_H^P \cdot \left(1 - \frac{q_4}{100}\right) \cdot (1 - \varepsilon_1 \cdot r) \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot \varepsilon_2, \quad (2.16)$$

$$M_{NO_2} = 0,34 \cdot 10^{-7} \cdot 0,919 \cdot 1,08 \cdot 20,00 \left(1 - \frac{0,5}{100}\right) \cdot (1 - 0,01 \cdot 30) \cdot 0,46 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 0,99 = 1,82 \cdot 10^{-7},$$

де K - кількість оксидів азоту, що утворюються на 1 ГДж тепла, кг/ГДж, залежно від виду палива, що спалюється, і номінальної продуктивності котельної установки, визначається за графіком на Рисунку 5.

ε_1 – коефіцієнт, що характеризує ефективність рециркуляції газів залежно від умов подачі їх у топку, %;

ε_2 – коефіцієнт, що характеризує зниження викидів оксидів азоту, %;

r – ступінь рециркуляції димових газів, %

β_1 – коефіцієнт, що враховує вплив на вихід оксидів азоту, %;

β_2 – коефіцієнт, що враховує конструкцію пальників, %;

β_3 – коефіцієнт, що враховує вид шлаковидалення, %.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

Результати розрахунків показали, що при переході з кам'яного вугілля на альтернативний вид палива (пелети), сталося зниження викидів золи в 10 разів, оксиду сірки у 8,4 рази, оксиду азоту без змін, що уберігає довкілля від шкідливих викидів.

Таким чином, можна зробити висновок про необхідність модернізації обладнання котельні з метою застосування альтернативного палива.

РОЗДІЛ 3

МОДЕРНІЗАЦІЯ КОТЕЛЬНОГО АГРЕГАТУ ПРИ ПЕРЕВЕДЕНІ НА АЛЬТЕРНАТИВНЕ ТА ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТО ПАЛИВО

З метою зниження витрат на реконструкцію котельні необхідно залишити існуючі котли з незначними технічними змінами, які мають на увазі технічне рішення про модернізацію котлів з можливістю їх роботи на деревних відходах (пеллетах), тобто повністю виключити вугілля як паливо.

Це питання розглянуто на прикладі переведення парового котла марки ДКВР-6,5/13, що працює на мазутному паливі, на відходи деревини.

3.1 Різновиди пелетних котлів

Котли, для яких як паливо можна використовувати пелети, поділяються на:

1. Обладнання призначене тільки для використання пелет.
2. Універсальні котли можуть працювати на будь-якому твердому паливі. Як правило, мають кілька камер згоряння, по одній на кожний вид енергоносія. Для того, щоб прилад був готовий до завантаження традиційним твердим паливом, достатньо демонтувати пальник.
3. Умовно комбіновані котли - зазвичай працюють на біогранулах, але як "запасне" паливо здатні протягом нетривалого часу приймати брикети або дрова. Топка в таких системах потроєна особливим способом, вона трансформується (штатна колосникова решітка знімна).
4. Крім казанів використовуються пелетні каміни, які можуть бути двоконтурними (водогрейними). У пелетних камінах горіння відбувається у закритій камері та нагрівання повітря для обігріву приміщення відбувається у теплообміннику [45].

3.2 Переведення парового котла ДКВР-6,5/13 на пелети

Для переведення котла на відходи деревини необхідно виконати комплекс наступних заходів:

1. Демонтаж пальників.
2. Влаштування похилих колосникових ґрат.
3. Влаштування на фронті котлоагрегату отворів для завантаження палива вручну.
4. Реконструкція повітроводів, що подають повітря на горіння до пальників, з наступним поєднанням за допомогою металевого короба з подальшим введенням його в топку котла.

3.2.1 Пальники пелетні

Основними характеристиками пальників пелетних для опалювальних котлів є (ДСТУ EN 14785:2019) потужність, режим роботи, використовуване паливо, електроживлення, витрата палива, місткість бункера, запас палива при роботі на максимальній потужності, запас палива при роботі на мінімальній потужності, ККД пальники, розміри пальника.

Пелетні пальники призначені для автоматичного спалювання пелет у твердопаливних котлах. Топити пелетами без пальника економічно не вигідно, тому що при звичайному спалюванні гранул збільшується кількість недогорілих частинок, що призводить до збільшеної витрати пелет, також знадобиться модифікація котла з установкою колосникових ґрат з отворами меншого діаметру. Пристрій похилих колосникових ґрат з отворами меншого діаметру

3.2.2 Пристрій похилих колосникових ґрат

Досвід переведення котлів з кам'яного вугілля на деревні відходи показав, що при порівняно невеликій реконструкції існуючих котлів малої потужності для спалювання кам'яного вугілля можна забезпечити досить ефективно спалювання дров на звичайних колосникових ґратах.

Колосникові ґрати виконуються зі сталевго листа товщиною 6 мм. Для кріплення колосникових ґрат в топці котла, виготовляється сталевий каркас, виконаний з двотаврів та куточків. Кути застосовуються для кріплення опори до конструктивних елементів топки. Колосникові ґрати встановлюються під певним кутом, вибраним виходячи з необхідності рівномірного спалювання палива. Для спалювання палива у сталевому листі передбачаються отвори для подачі повітря на горіння з-під ґрат. Розроблені конструкції колосникових ґрат і рами для її кріплення представлені на Малюнку 6.

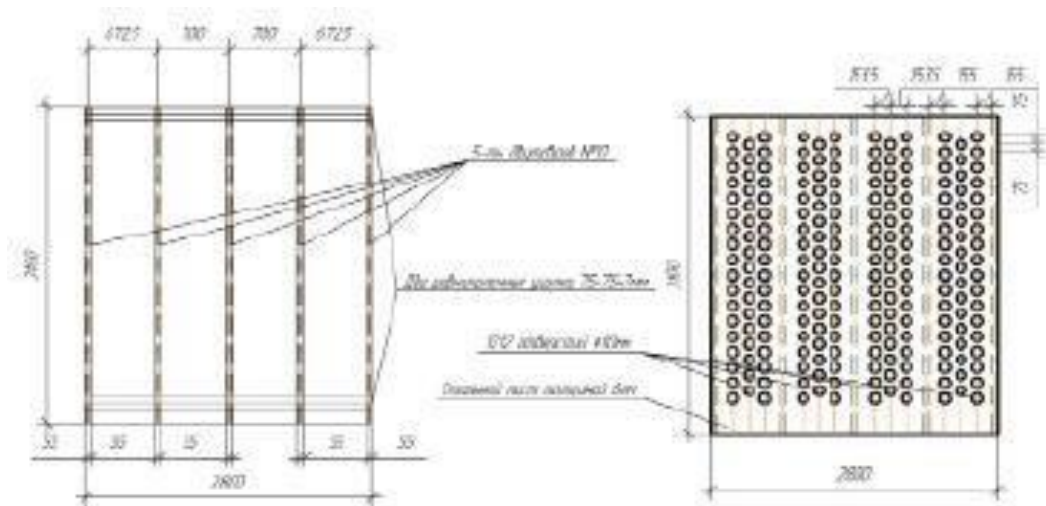


Рисунок 3.1 – Конструкція колосникових ґрат і рами для її кріплення

Така конструкція дозволяє здійснювати шаровий процес деревного палива з оптимальним по висоті шаром палива з різного фракційного складу та

можливістю автоматизованої роботи топкового пристрою з регульованою витратою повітря, що подається в топку. Ця конструкція не пристосована для спалювання деревного пилу. Завантаження тирси і дрібної стружки здійснюється за допомогою автоматизованого шнекового закидувача. Бункер з деревними відходами знаходиться зовні будівлі котельні. Забір деревних відходів проводиться з бункера шляхом вертикального шнека, далі, похилим шнеком, деревні відходи потрапляють у бункер-дозатор, звідки відбувається закидання в котел необхідної кількості палива, відповідно до заданої програми. Для завантаження більших деревних відходів вручну (тріска, великі обрізки деревини) необхідно передбачити отвори на фронті котла, розташовані по обидва боки від основного отвору палива.

3.2.2 Влаштування передтопочної камери

Передтопочні камери використовуються для модернізації існуючих парових котлів, що працюють на природному газі, вугіллі, мазуті та переведенні їх на альтернативне, дешевше паливо, або комплектуються з новими котлами.

В основу роботи предтопка покладено явище перетворення твердого палива, яким є відходи деревини, лушпиння соняшника, гречки з досить низькою теплотворною здатністю, близько 19,1 МДж/кг в генераторний газ з теплотворною здатністю близько 30 МДж/кг і більше з подальшим його казані.

3.3 Пелетні котли

Пелетні котли є стаціонарним обладнанням універсального способу установки. Складовими частинами котлів на пелетах є: корпус, топка, пальник, теплообмінник, паливний бункер, димохід. Потужність таких приладів варіюється від 15-20 кВт до кількох мегават [45].

Камера згоряння таких котлів відносно невелика, оскільки основне теплознімання відбувається в конвективній частині котла (близько 70%). При такій конструкції котла температура газів становить 100-200 °С. Котел оснащується спеціальним гранульним паливом об'ємного типу, який забезпечує вищий ККД роботи котла при згорянні паливних гранул, ніж в інших категорій твердопаливних котлів, що можна порівняти за ефективністю з котлами, що працюють на природному газі. Термін експлуатації пелетних котлів становить до 20 років і більше, що є однією з головних переваг.

Котли на пелетах мають високий рівень автоматизації та забезпечують програмування режимів роботи та підтримання заданої температури. Подача палива з бункера також здійснюється автоматично, при необхідності, завдяки чому котел може працювати без участі людини, доки є пелети в бункері (до 7 діб і навіть більше). [45].

Потужність гранульних котлів, які встановлюються в котеджах (рис. 3.2), становить до 500 кВт. Деякі моделі котлів можуть бути додатковим контуром ГВП. Котли на пелетах не потребують спеціального обслуговування. Чищення золи може здійснюватися щомісяця. [45].

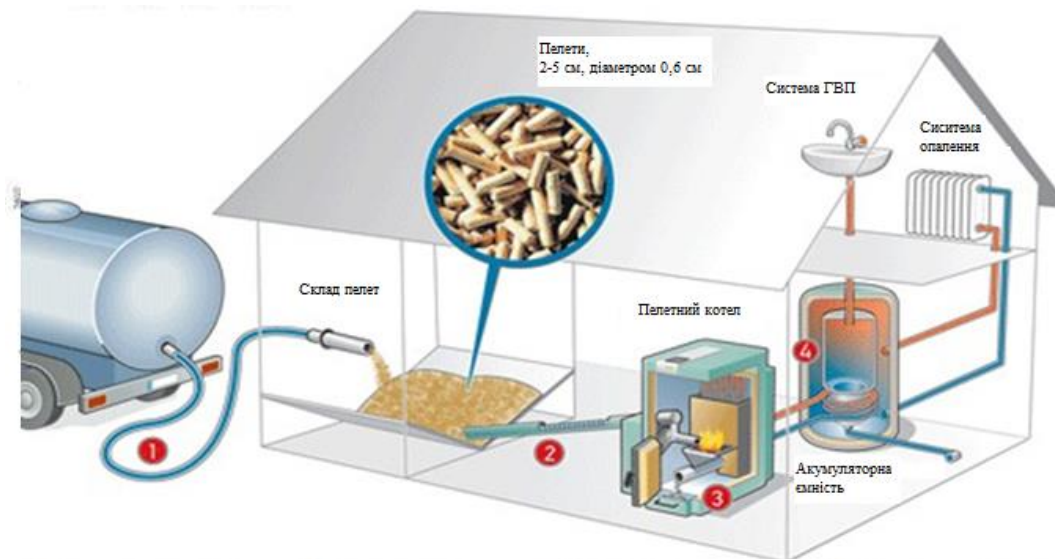


Рисунок 3.2 – Схема опалення та ГВП приватного будинку за допомогою пелетного котла та акумулюючої ємності

У сукупності з досить низькою вартістю палива, відсутністю витрат на обслуговуючий персонал це робить даний вид опалення максимально економічним протягом усього терміну служби будинку, рівень витрат на опалення пелетним способом набагато нижчий від вартості опалення багатьма іншими видами палива (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 Переваги та недоліки котлів на пелетному паливі

№	Переваги	Недоліки
1	Найбільш безпечне паливо	Висока ціна
2	Високий ККД	Необхідність у догляді
3	Низькі витрати на опалення в порівнянні з електричним	Необхідність у великому сухому приміщенні для зберігання пелет
4	Наявність додаткового контуру ГВП	Завантаження бункера вручну за відсутності складу з автоматичною подачею
5	Пелети не викликають алергічних реакцій	Ускладнення закупівлі якісних пелет у віддалених районах
6	Стабільна ціна на пеллети	
7	Зола при спалюванні пелет складається з природних матеріалів	

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

Витрати на модернізацію котла для роботи на деревних відходах (пелетах) порівняно невеликі. Отже, термін окупності дуже малий. Крім використання як палива деревних відходів можливе використання торфу, який є місцевим видом палива для багатьох районів нашої країни. Для спалювання в даному котельному агрегаті ДКВР-6,5/13 найбільш підходить кусковий торф, який виробляється в польових умовах, який за калорійністю не поступається дровам, бурому вугіллю, низькосортному кам'яному вугіллю.

В цілому, переведення котла з рідкого або газоподібного палива на місцеві види палива має безліч переваг, починаючи від простоти реалізації та виконання необхідних робіт з переобладнання котла та закінчуючи економічною та екологічною ефективністю.

РОЗДІЛ 4

РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ДОЦІЛЬНОСТІ ВРОВАДЖЕННЯ

Даний розділ магістерської дисертації має на меті показати, наскільки вигідне з економічної точки зору проведення реконструкції на котельні. Для виконання цього завдання проведемо розрахунок собівартості продукції котельні з угрупованням відповідно до їх економічного змісту за такими елементами:

1. Розрахунок витрат на пальне;
2. Розрахунок витрат на електроенергію;
3. Розрахунок витрат на викиди;
4. Запобігання екологічним збиткам.

4.1 Розрахунок витрат на пальне

Витрати паливо визначаються річним витратою палива $V_{річ}^P$, а також залежить від договірної ціни палива $C_{п}$, яка включає договірну ціну палива в постачальника, вартість транспортних витрат, посередницькі послуги та інші витрати. Даний вид витрат розраховується за такою формулою:

$$S_{п} = V_{річ}^P \cdot \left(1 + \frac{\alpha_{в}}{100}\right) \cdot C_{п} \quad (4.1)$$

де $V_{річ}^P$ – річна витрата натурального палива, що витрачається на котельні; $C_{п}$ – ціна натурального палива; $\alpha_{в}$ – втрати палива при транспортуванні (для твердого палива $\alpha_{в} = 0,5\%$, для решти $\alpha_{в} = 0$).

Річна витрата натурального палива котельні, т/ГДж:

$$B_{\text{річ}}^P = B_{\text{річ}}^y \cdot \frac{1}{E} \quad (4.2)$$

де E - енергетичний еквівалент натурального палива:

$$E = \frac{Q_H^P}{Q_B} \quad (4.3)$$

де Q_H^P - нижча теплота згоряння робочої маси палива.

$$E = \frac{22,84}{29,3} = 0,78 \quad (4.4)$$

$$B_{\text{річ}}^y = \frac{Q_{\text{річ}}}{Q_y \cdot \eta}$$

Річна витрата теплоти визначається за такою формулою:

$$Q^{\text{річ}} = Q_o^{\text{річ}} + Q_B^{\text{річ}} + Q_{\text{ГВП}}^{\text{річ}} \quad (4.5)$$

Річна витрата теплоти на опалення житлових та громадських будівель:

$$Q_o^{\text{річ}} = n_{\text{оп}} \cdot Q_o^{\text{сп}} \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 10^{-3}, \quad (4.6)$$

де $n_{\text{оп}}$ - тривалість опалювального періоду, $Q_o^{\text{сп}}$ – сумарне середнє споживання теплоти на опалення, МВт.

$$Q_o^{\text{річ}} = 201 \cdot 14,195 \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 246516,05 \text{ ГДж/рік}$$

Річна витрата теплоти на вентиляцію в житлових та громадських будинках:

$$Q_B^{\text{річ}} = n_B \cdot Q_B^{\text{ср}} \cdot 3600 \cdot z \cdot 10^{-3} \quad (4.7)$$

де z - усереднене за опалювальний період кількість годин роботи системи вентиляції громадських будівель протягом доби (приймаємо рівним 16 год), $Q_B^{\text{ср}}$ - сумарне середнє споживання теплоти на вентиляцію, МВт:

$$Q_B^{\text{річ}} = 201 \cdot 0,433 \cdot 3600 \cdot 16 \cdot 10^{-3} = 5013,1 \text{ ГДж/рік}$$

Річна витрата теплоти на гаряче водопостачання для житлового району:

$$Q_{\text{ГВП}}^{\text{річ}} = 86,4 \cdot [Q_{\text{ГВП}}^{\text{ср}} \cdot n_{\text{оп}} + Q_{\text{ГВП}}^{\text{ср}} \cdot (n_y - n_{\text{оп}})] \quad (4.8)$$

де n_y - розрахункова кількість діб на рік роботи системи гарячого водопостачання (приймається 350 діб).

$$Q_{\text{ГВП}}^{\text{річ}} = 86,4 \cdot [8,017 \cdot 201 + 3,34 \cdot (350 - 201)] = 182224,51 \text{ ГДж/рік}$$

Сумарне річне споживання теплоти:

$$Q^{\text{річ}} = 246516,05 + 5013,1 + 182224,51 = 433753,66 \text{ ГДж/рік}$$

Встановлена потужність котельні:

$$Q_{\text{ВТ}} = [\sum D_{\text{НОМ}} \cdot (h_{\text{П}} - h_{\text{ЖВ}}) + D_{\text{БП}} \cdot (h_{\text{КВ}} - h_{\text{ЖВ}})] \cdot 10^{-3} \quad (4.9)$$

де $D_{\text{ном}}$ - номінальна парова продуктивність всіх котлів (за даними заводу виробника);

$$h_{\text{п}} = 2786 \text{ кДж/кг} - \text{ентальпія виробленої пари};$$

$$h_{\text{жв}} = 435,5 \text{ кДж/кг} - \text{ентальпія живильної води};$$

$$h_{\text{кв}} = 814,7 \text{ кДж/кг} - \text{ентальпія котлової води};$$

$$D_{\text{оп}} = D_{\text{ном}} \cdot 0,03, \text{ безперервне продування котла, кг/с.}$$

$$Q_{\text{вт}} = 32,84 \text{ МВт.}$$

Річне вироблення теплоти котельні:

$$Q_{\text{вир}}^{\text{річ}} = \frac{Q^{\text{річ}}}{\eta} = \frac{433753,66}{0,9} = 481948,51 \text{ ГДж/рік.} \quad (4.10)$$

Число годин використання встановленої потужності котельні на рік:

$$h_{\text{уст}} = \frac{Q_{\text{вир}}^{\text{год}}}{3600 \cdot Q_{\text{уст}}} = 4076,57 \text{ ч/год.}$$

$$V_{\text{год}}^{\text{у}} = \frac{433753,66}{29,3 \cdot 0,9} = 16448,75 \text{ т/год.}$$

$$V_{\text{год}}^{\text{н}} = 16448,75 \cdot \frac{1}{0,78} = 21088,14 \text{ тнт/год.}$$

$$h_{\text{вст}} = \frac{Q_{\text{вир}}^{\text{рік}}}{3600 \cdot Q_{\text{вт}}} \cdot 10^3 = \frac{481948,51}{3600 \cdot 32,84} \cdot 10^3 = 4076,57 \frac{\text{год}}{\text{рік}};$$

$$V_{\text{річ}}^{\text{в}} = \frac{Q^{\text{річ}}}{Q_{\text{в}} \cdot \eta} = \frac{433753,66}{29,3 \cdot 0,9} = 16448,75 \frac{\text{т}}{\text{рік}};$$

$$V_{\text{річ}}^{\text{р}} = V_{\text{річ}}^{\text{в}} \cdot \frac{1}{\text{Е}} = 16448,75 \cdot \frac{1}{0,78} = 21088,14 \frac{\text{тнт}}{\text{рік}}.$$

Таким чином, витрати на пальне рівні:

$$S_{\text{п}} = 21088,14 \cdot \left(1 + \frac{0,5}{100}\right) \cdot 5000 = 105967903,5 = 106 \text{ млн. грн}$$

4.2 Розрахунок витрат на електроенергію

Визначимо витрати електроенергії на власні потреби котельні (привід вентиляторів, димососів, живильних та мережевих насосів тощо):

$$S_{\text{Е}} = E_{\text{рік}} + C_{\text{Е}} \quad (4.11)$$

де $C_{\text{Е}}$ - тариф однієї кіловат-години електроенергії.

Річна витрата електроенергії на власні потреби котельні:

$$E_{\text{рік}} = N_{\text{вст}} \cdot n_{\text{кот}} \cdot K_{\text{ел}} \quad (4.12)$$

де $N_{\text{вст}}$ - встановлена потужність струмоприймачів, кВт, визначається на основі вибору допоміжного обладнання котельні, n - число годин роботи обладнання в році, год/рік, $K_{\text{ел}}$ - коефіцієнт використання встановленої потужності.

4.3 Розрахунок витрат на викиди

Плата за викиди забруднюючих речовин в атмосферу у розмірах, що не перевищують гранично допустимі нормативи викидів, визначимо за кожною речовиною шляхом множення відповідних нормативів плати за 1 тону забруднюючих речовин на масу викидів:

$$P_{ат} = \sum_{i=1}^n P_{ан_i} \cdot M_{ai}, \text{ при } M_{ai} \leq ГДН_i \quad (4.13)$$

де $P_{ан_i}$ - норматив плати за 1 тону викидів у повітря стаціонарними джерелами не більше допустимих забруднень, грн/т, M_{ai} - фактичний викид i -тої забруднюючої речовини, т/рік.

Плата за забруднення навколишнього природного середовища в межах встановлених лімітів, ($P_{ат}$) визначається шляхом множення відповідних ставок плати за 1 тону на різницю між лімітами та гранично допустимими викидами забруднюючих речовин (ВЗР):

$$P_{ал} = \sum_{i=1}^n P_{ан_i} \cdot (M_{ai} - M_{али}), \text{ при } ГДН < M_{ai} < ВЗР, \quad (4.14)$$

де $P_{ан_i}$ - норматив плати за 1 тону викидів в атмосферу стаціонарними джерелами в межах встановлених лімітів, грн., $M_{али}$ - викид i -тої забруднюючої речовини в допустимих межах, т/год.

Плата за надлімітні викиди забруднюючих речовин визначимо шляхом множення відповідної ставки плати на величину перевищення фактичної маси викидів над масою встановленого ліміту:

$$P_{ас} = \sum_{i=1}^n P_{ас_i} \cdot (M_{ai} - M_{ас_i}), \text{ при } M_{ai} < ВЗР, \quad (4.15)$$

де $P_{ас_i}$ - норматив плати за 1 тону викидів в атмосферу стаціонарними джерелами понад встановлені ліміти, грн./т.

У розрахунку використані такі значення коефіцієнтів:

k_1 - коефіцієнт, що враховує стан атмосферного повітря на території Запорізького району, $k_1 = 1,9$;

k_2 - додатковий коефіцієнт при викиді забруднюючих речовин в атмосферне повітря міста, $k_2 = 1,2$;

k_i - коефіцієнт індексації, що враховує інфляцію в 2022 році, $k_i = 1,48$.

Розрахуємо плату за викид летючої золи:

$$P_{\text{ан}} = 1,9 \cdot 1,2 \cdot 1,48 \cdot 7 \cdot 68,00 = 1606,21 \text{ грн.}$$

Розрахуємо плату за викид SO_2 :

$$P_{\text{ан}} = 1,9 \cdot 1,2 \cdot 1,48 \cdot 21 \cdot 87,06 = 6169,45 \text{ грн.}$$

Розрахуємо плату за викид NO_2 :

$$P_{\text{ан}} = 1,9 \cdot 1,2 \cdot 1,48 \cdot 35 \cdot 0,03 = 3,54 \text{ грн.}$$

4.4 Розрахунок витрат на запобігання екологічним збиткам

Запобігання екологічним збиткам від забруднення навколишнього природного середовища - це оцінка в грошовій формі можливих негативних наслідків від забруднення природного середовища, яких вдалося уникнути в результаті природоохоронних заходів та програм, спрямованих на збереження чи покращення якісних та кількісних параметрів, що визначають екологічну якість навколишнього середовища.

Запобігання екологічним збиткам від викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря розраховується за формулою:

$$Y_{\text{атм}} = Y_{\text{пит. (атм)}} \cdot \sum M_{\text{нав.}} \cdot K_{\text{ек.а}} \quad (4.16)$$

де $Y_{\text{пит. (атм)}}$ - величина економічної оцінки питомої шкоди від викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря для Запорізького району, грн/у.п.;

$M_{\text{нав.}}$ - наведена маса викидів забруднюючих речовин на початок і кінець розрахункового періоду в розглянутому регіоні, у.п.;

$K_{\text{ег.а}}$ - коефіцієнт екологічної ситуації та екологічної значущості стану атмосферного повітря територій Запорізького району.

Наведена маса забруднюючих речовин розраховується за такою формулою:

$$M_{\text{нав}} = m_i \cdot K_{ei(\text{атм})}, \quad (4.17)$$

де m_i - маса викиду i -ї забруднюючої речовини або групи речовин з однаковим коефіцієнтом відносно еколого-економічної небезпеки, т/рік,

$K_{ei(\text{атм.})}$ - коефіцієнт відносно еколого-економічної небезпеки і забруднюючої речовини або групи речовин.

$$\sum M_{\text{нав}} = 2,7 \cdot 68,00 + 16,5 \cdot 0,03 + 20,0 \cdot 87,06 = 1925,3 \text{ т/рік}$$

$$Y_{\text{атм}} = 63,7 \cdot 1925,3 \cdot 1,9 = 233018,45 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}$$

Таблиця 4.1 - Економічний розрахунок передбачуваної реконструкції

Величина	Вугілля,	Пелети	Різниця
Плата за паливо, млн. грн/рік	29,0	30,2	Збільшення на 1,2
Плата за викиди, млн. грн/рік	0,0088	0,0078	Зниження на 1,36
Плата за електричну енергію на власні потреби, млн. грн/рік	6,77	5,41	Зниження на 1,36
Зниження екологічного збитку, млн. грн/рік	-	0,23	Зниження на 0,23

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4

Розрахунок економічної ефективності застосування альтернативного палива показав зниження плати за викиди шкідливих речовин. Також ще одним не менш важливим плюсом застосування саме пелетного палива є зручність у "експлуатації". Всі перелічені факти дозволяють зробити прогнози, що популярність і поширення пелет ще не досягли свого піку. Майбутнє паливного ринку - за боїпаливом, та пелетами зокрема.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Виконання дисертаційного дослідження дозволило зробити такі висновки:

1. Реконструкція систем теплопостачання з метою підвищення енергетичної ефективності є необхідним завданням у галузі енергетики країни.
2. Проблеми реконструкції систем теплопостачання ускладнюються тим, що у концепції реформи електроенергетики не виражена позиція щодо розвитку ТЕЦ, а концепції реформи ЖКГ практично не відображені параметри надійності, ефективності, якості та доступності систем теплопостачання.
3. Є безліч способів, за допомогою яких можна підвищити енергетичну ефективність галузі, але їх необхідно своєчасно доопрацьовувати із застосуванням сучасних технологій та обладнання.
4. Оцінка екологічного неблагополуччя території, що прилягає до котельні, порушує питання про актуальність та обґрунтування переведення котельні на альтернативне та екологічно чисте паливо.
5. У роботі запропоновано технологічний процес переведення котельні на альтернативне та екологічно чисте паливо. Цей технологічний процес може бути застосований для обґрунтування реконструкції котелень у різних регіонах країни.
7. Переведення котла з рідкого або газоподібного палива на місцеві види палива має безліч переваг, починаючи від простоти реалізації та виконання необхідних робіт з переобладнання котла до економічної та екологічної ефективності.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. ДСТУ – Н Б В.1.1 – 27:2010 Будівельна кліматологія.
2. ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель.
3. ДБН В.2.6-31:2006 Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель.
4. ДСТУ 2326-93 Котли опалювальні водогрійні теплопродуктивністю до 100 кВт. Загальні технічні умови.
5. Шевцов А.І., Бараннік В.О., Земляний М.Г., Ряuzова Т.В. Стан та перспективи реформування системи теплозабезпечення в Україні. Аналітична доповідь. Дніпропетровськ: Регіональний філіал Національного інституту стратегічних досліджень, 2010. 66 с.
6. Коцюрко Р., Лучейко І. Теплообмінний апарат типу «змішування–змішування» як проточний реактор ідеального змішування в нестационарних режимах роботи. Матеріали IV Міжнародної науково-технічної конференції „Теоретичні та прикладні аспекти радіотехніки, приладобудування і комп’ютерних технологій“ присвячена 80-ти річчю з дня народження професора Я.І. Проця, 20-21 червня 2019 року. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2019. С. 28–29.
7. Купчак В.Р., Павлова О.М., Павлов К.В., Лагодієнко В.В. Формування та регулювання регіональних енергетичних систем: теорія, методологія та практика : монографія. Луцьк: СПД Гадяк Жанна Володимирівна, друкарня «Волиньполіграф», 2019. 346 с.
8. Виробництво теплової енергії із біомаси. Аналіз законодавства, регуляторних аспектів і податкової політики та рекомендації щодо необхідних змін у чинному законодавстві. Звіт, підготовлений ВБО «Інститут місцевого розвитку» у рамках виконання Проекту «Місцеві альтернативні джерела енергії: м. Миргород». Київ, 2014. 100 с.

9. Коляденко С.В., Коляденко Д.Л. Проблеми та перспективи розвитку ринку біопалива в Україні та світі. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків* : зб. наук. праць. Ін-т біоенергет. культур і цукр. буряків, Нац. акад. аграр. наук України. Київ: ФОП Корзун Д.Ю., 2013. Вип. 19. С. 195-198.

10. Гаврикова А.О. Экономическая оценка интеграции бытового потребителя в статусе партнера-регулятора в энергетическую систему региона. Сборник научных трудов. Экономика промышленности. 2013. № 13. С. 111-115.

11. Хиля Б.О., Ружинська Л.І. Обладнання для виготовлення біопалива з надлишкового активного мулу. Біотехнологія ХХІ століття: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф., 19 квіт. 2019 р. Київ: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2019. С.159.

12. Калетнік Г.М., Пришляк В. М. Біопаливо: ефективність його виробництва та споживання в АПК України : навч. посіб. Київ : «Хай-Тек Прес», 2010. 312 с.

13. Солдатов В. А. Конструктивные решения по замене мазута, угля, газа на древесные отходы в котлоагрегатах типа ДКВР, КЕ, КВ-ГМ и других. *Новости теплоснабжения*, 2001. №3. С. 26-34.

14. Тверде паливо та його класифікація. [Електронний ресурс] <https://bio.ukr.bio/ua/articles/5568/> (Дата звернення: 01.12.2023).

15. Частухин В.И., Частухин В.В. Топливо и теория горения: Киев: Вища школа, 1989. 223 с.

16. Єпіфанов, О. А. Тепловий розрахунок реконструкції парового котла : метод. вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Топки та котельні установки, ядерні реактори та парогенератори» для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика» / О. А. Єпіфанов, Б. В. Димо, П. А. Пацурковський. Миколаїв : НУК, 2022. 76 с.

17. ДБН В.2.5-64:2012 Внутрішній водопровід та каналізація. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво.
18. СОУ-Н ЕЕ 25.302:2007 Котли парові та водогрійні, турбіни, трубопроводи пари і гарячої води з тиском до 4 МПа.
19. ДСТУ EN 14588:2013 Біопаливо тверде. Терміни та визначення понять (EN 14588:2010, IDT).
120. ДСТУ EN 15234-1:2013 Тверде біопаливо. Забезпечення якості. Частина 1. Загальні вимоги (EN 15234-1:2011, IDT).
21. Методичні вказівки з дисципліни «Інженерна аероекологія міст» до виконання курсової роботи «Розрахунок розсіяння забруднюючих речовин в атмосферному повітрі» (для студентів 5 курсу денної і заочної форм навчання спеціальності 7.04010601 – Екологія та охорона навколишнього середовища) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад.: В. Є. Бекетов, Г. П. Свтухова. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. 34 с.
22. Аналіз та експертиза проєктів енергопостачання: Розрахункова робота [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 144 «Теплоенергетика» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: М.М. Шовкалюк, О.І.Яценко – Електронні текстові дані (1 файл: 0,4 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 45 с.
23. Алабовський О. М., Боженко М. Ф., Хоренженко Ю. В. Проектування котелень промислових підприємств: Курсове проектування з елементами САПР: Навч. посіб. – К.: Вища шк., 1992. 207 с.
24. Норми та вказівки по нормуванню витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарськопобутові потреби в Україні. КТМ-204 Україна 244-94. Київ : ЗАТ"ВІПОЛ", 2003. 76 с.
25. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. К.: НДІБК, 2011. 127 с.

26. Боженко М. Ф., Сало В. П. Джерела теплопостачання та споживачі теплоти: Навч.посіб. К. ІВЦ „Видавництво «Політехніка»”, 2004. 192 с.
27. Ривкин С.Л., Александров А.А. Термодинамические свойства воды и водяного пара: Справочник. Москва: Энергоатомиздат, 1984. 80с.
28. ГКД 34.02.305–2002. Викиди забруднювальних речовин в атмосферу від енергетичних установок. К.: ОЕП «ГРІФРЕ», 2002. 43 с.
29. Рекомендации по определению технико–экономических показателей котельных. Серия Ж5–26. М.: ГПИ САНТЕХПРОЕКТ, 1984г. 41 с.
30. ДБН В.2.5-39:2008 Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі. Київ : Мінреконбуд України, 2008. 56 с.